Elektronica en Telecommunicatie 10

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

534.4:781.1:621.391.8

Wetenschappelijke toepassing van technische ontwikkelingen

door J. 't Hart, Instituut voor Perceptie Onderzoek, Eindhoven



Synopsis: *Scientific Applications of Technical Developments.*
In phonetic research, use can be made of instruments and techniques that have been or are being applied in speech transmission systems. This is especially the case in the method of analysis by synthesis, which is fruitfully employed at the Institute for Perception Research (IPO) to the purpose of answering the question of the perceptual relevance of physical parameters in the speech signal. As examples, the perceptual vowel triangle and the distinction between voiced and voiceless plosives are mentioned, as well as the work on intonation, in which an adapted Channel Vocoder plays an important part.

1. Inleiding

De gebezigde titel is wat ongebruikelijk; gewoonlijk is er immers sprake van de technische toepassing van wetenschappelijke vondsten. De keuze van de titel hangt samen met het feit dat het hoofddoel van dit betoog niet is, een bijdrage te leveren aan de communicatietechniek, maar veeleer om te illustreren hoe het spraakonderzoek (op het Instituut voor Perceptie Onderzoek) gebaat is bij apparatuur die door de communicatietechnici ten behoeve van hun eigen problematiek werd ontwikkeld.

Een korte blik terug in de geschiedenis van het fonetisch onderzoek op het IPO toont, hoe bij de start van dit onderzoek gesteld werd, dat het langs kunstmatige weg opwekken van spraak (spraaksynthese) in geen geval een serieus onderzoekingsdoel zou zijn, omdat vele anderen in de wereld daar immers reeds mee bezig waren. Het accent zou komen te liggen op de perceptie van spraak, waarbij vooral de vraag naar voren komt, welke fysische parameters van het signaal de voornaamste rol spelen.

Naast de gebruikelijke oscillografische en spectrografische analyse van het spraaksignaal werd de *perceptieve analyse* ontwikkeld. Dit is een methode van analyseren, waarin het oor, geholpen door een elektronische poort (die slechts beperkte stukken van het signaal hoorbaar maakt) tracht vast te stellen welke relevante deelaspecten voldoende opvallend in het signaal aanwezig zijn om nog een rol te kunnen meespelen. Naarmate dit onderzoek vorderde en er een aantal hypothesen geformuleerd konden worden over de voor de waarneming relevante parameters, ontstond de noodzaak deze hypothesen op onafhankelijke wijze te toetsen. Dit betekende, dat tòch de techniek van spraaksynthese te baat werd genomen, echter nu niet als *doel*, maar als *middel.* Met een spraaksynthetisator heeft men immers de mogelijkheid, elke parameter onafhankelijk en controleerbaar te variëren, om vervolgens na te gaan wat daarvan de invloed op de waarneming van het signaal is. Op dezelfde wijze is bijv. ook de door *Lawrence* ontwikkelde Parametric Artificial Talking device (PAT) in Edinburgh dankbaar als 'research-tool' binnengehaald.

De verwachtingen omtrent de toepasbaarheid van zo'n synthetisator werden bij het werkelijke onderzoek nog overtroffen: het instrument bleek nl. niet alleen bruikbaar te zijn voor de toetsing van de juistheid van een voorafgaande analyse; steeds meer werd het gebruikt voor experimenten, waarin de optimale waarden van de verschillende bij een bepaald verschijnsel betrokken parameters door de luisteraars konden worden uitgekozen en wel uit een aantal waarden, die op grond van een slechts summiere analyse als mogelijke kandidaatwaarden naar voren waren gekomen.

2. Experimenten met klinkers en plofklanken

Als voorbeeld kunnen de experimenten met klinkers worden genoemd. Er zijn daarbij drie werkwijzen te onderscheiden:
2.1. Die van de getrouwe copie, waarin de synthetisator zó geprogrammeerd wordt dat hij zo nauwkeurig mogelijk de aan het spraaksignaal gemeten verschijnselen namaakt. Als het dan opgewekte signaal niet gelijk is aan het oorspronkelijke,

Voordracht, gehouden voor de leden van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap en van de Benelux Sectie van de I.E.E.E. tijdens de 210e werkvergadering van het NERG, op 27 mei 1970 te Eindhoven.

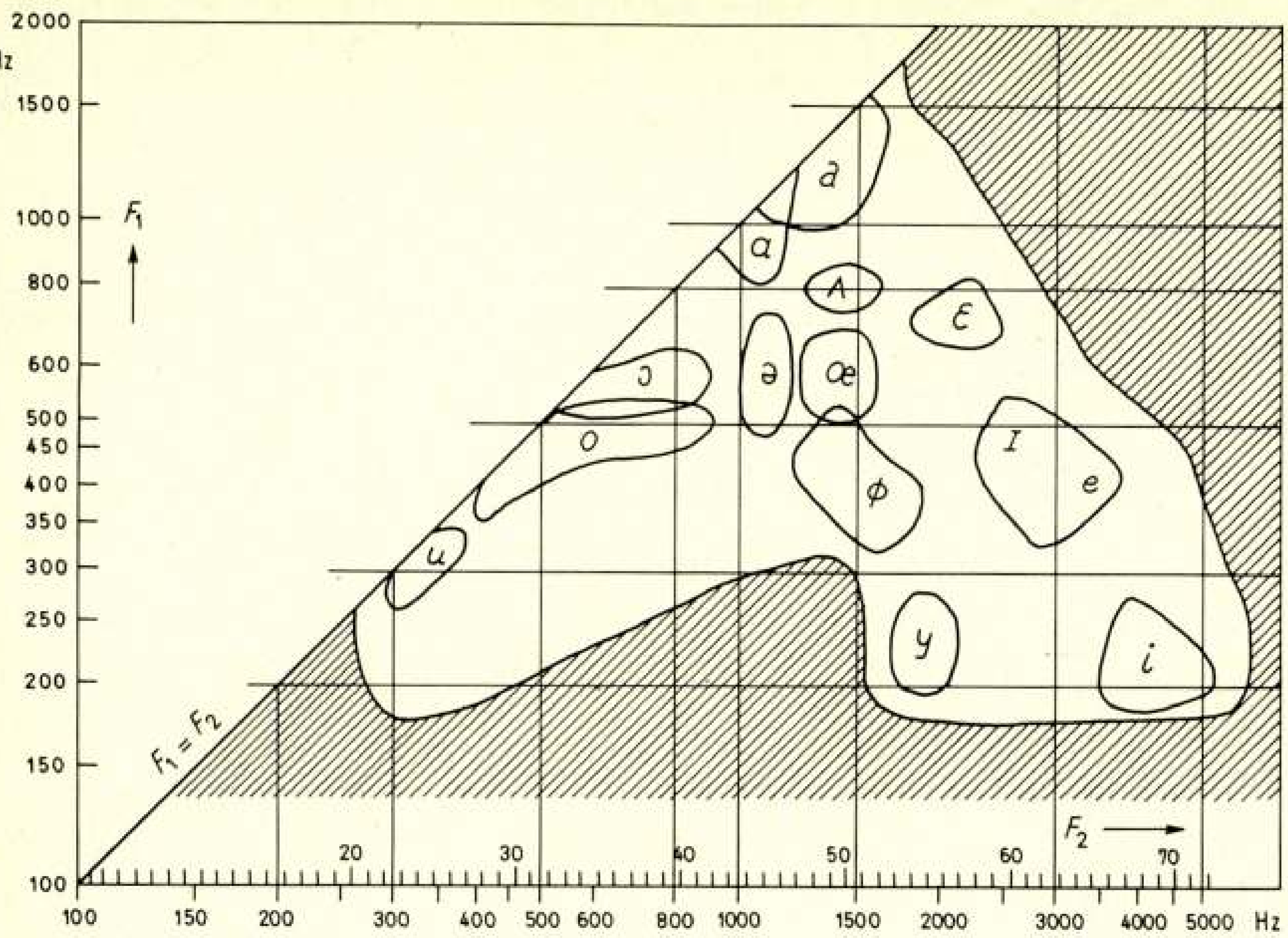


Fig. 1. Perceptieve klinkerdriehoek: Tolerantiegebieden in het F_1-F_2 vlak, waarbinnen aanvaardbare Nederlandse klinkers gehoord worden.

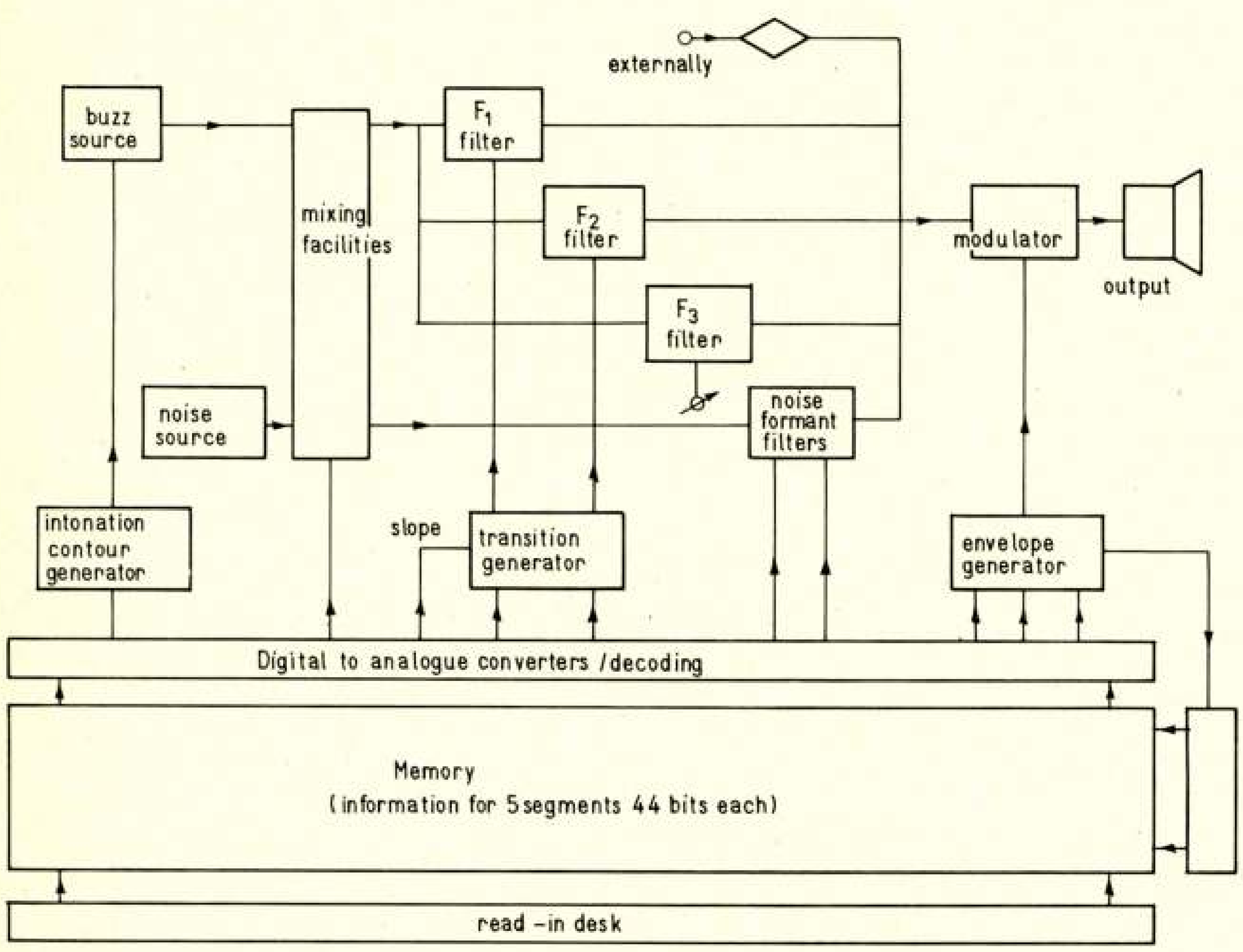


Fig. 2. Blokschema van de IPOVOX II. Met uitzondering van het F_3-filter zijn alle afgebeelde parameters per segment programmeerbaar. Het geheugen bevat tegenwoordig informatie voor 10 segmenten. De 42e ... 44e bit dienen voor in de tekst niet behandelde faciliteiten.

kan men hoogstens concluderen dat de metingen niet juist of onvolledig waren;

2.2. Die van de 'gewogen copie': om meer te weten te komen omtrent de toleranties bij de luisteraar, kan men de 'gewogen copie' gebruiken. Op grond van een aantal veronderstellingen betreffende het relatief belang van de verschillende parameters brengt men dan een reductie of een stilering aan in de meetwaarden die voor de programmering van de synthetisator gebruikt worden;

2.3. Die van de 'analyse door synthese': men gaat hier een stap verder, door bijv. in het geval van klinkers alleen uit te gaan van de veronderstelling dat twee formanten voldoende kunnen zijn. In dat geval fabriceert men met de synthetisator een paar honderd tamelijk willekeurige F_1-F_2 combinaties; men laat de proefpersonen aangeven of de aangeboden signalen lijken op menselijke spraak, dan wel acceptabel zijn als klinkers, afgezien nog van hun identiteit, of tenslotte ondubbelzinnig zijn te horen als *die* of *die* klinker (*Cohen, Slis en 't Hart* [1]). Zo'n procédé zou men 'analyse door synthese' kunnen noemen. Het resultaat is in dit geval een veld, waarin de tolerantiegebieden van tweeformantklinkers staan aangegeven, in het kader van een perceptieve klinkerdriehoek (fig. 1). Daarnaast kent men de akoestische klinkerdriehoek (met in het signaal gemeten formantfrequenties) en de articulatorische klinkerdriehoek (volgens de mondconfiguratie).

Fig. 2 toont de opzet van de op het ogenblik gebruikte synthetisator, de IPOVOX II. Het is een *terminal analog*, gebaseerd op een *segmentele synthese*. De benaming *terminal analog* wil zeggen, dat de wijze van opwekking van het signaal geen gelijkenis behoeft te vertonen met de menselijke spraak-

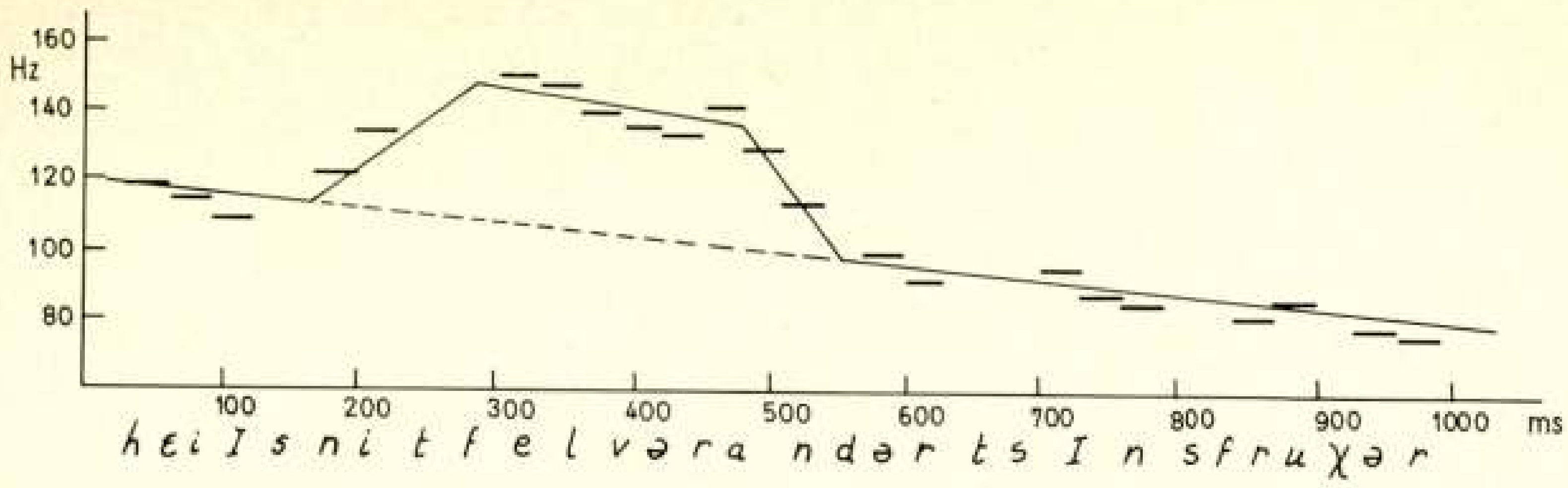


Fig. 3. Intonatiecontour, zoals gemeten (liggende streepjes) en gestileerd voor de uiting: 'Hij is niet veel veranderd sinds vroeger', met klemtonen op *niet* en *-an-*.

produktie: slechts het uitgangssignaal moet in voldoende mate op spraak gelijken. Segmentele synthese wil zeggen, dat de spraakstroom geacht wordt te zijn opgebouwd uit segmenten met een min of meer homogene akoestische inhoud. Er zijn echter voorzieningen in de IPOVOX die een geleidelijke overgang van het ene segment naar het volgende mogelijk maken. Per segment zijn 41 informatiebits beschikbaar voor de keuze van de bron, de vorm van het verloop van de grondtoon, de resonantiefrequenties van de verschillende filters, de snelheid waarmee deze laatste zullen variëren, de parameters voor de omhullende van elk segment, de tijd tussen twee segmenten en de totale amplitude van elk segment. In het instrument bevindt zich een buffergeheugen met tien werklagen, ieder voor één segment; voor grotere uitingen kan een geheugen met een informatie-inhoud voor 128 segmenten aangekoppeld worden.

Van een aantal speciale voorzieningen verdient hier de 'grijp elders'-faciliteit bijzondere vermelding: hierdoor wordt voor het verkrijgen van de informatie voor een willekeurig te kiezen segment niet naar het geheugen, maar naar het instelpaneel gekeken. Dit maakt het mogelijk, snel de gewenste verbeteringen aan te brengen. Als voorbeeld van *analyse door synthese* met dit instrument kan de bestudering van het probleem van de stemhebbende en stemloze plofklanken worden genoemd.

Traditioneel wordt het onderscheid tussen enerzijds *p*, *t* en *k* en anderzijds *b*, *d* en *g* (van in het Nederlands gebruikte vreemde woorden als 'goal', 'guerrilla', enz.) als *stemloos* en *stemhebbend* beschreven. Nu duurt het hoorbare gedeelte van zulke plofklanken hoogstens slechts 25 ms. Ook al is gemeten, dat bij de stemhebbende plofklanken de stembanden bijna steeds voortdurend trillen, dan is nog niet duidelijk hoe in zo'n korte tijd dit al of niet gehoord kan worden.

Op het IPO werd hieraan een uitgebreid onderzoek gewijd (*Slis en Cohen* [2]). Directe analyse van het signaal leverde een aantal hypothesen op omtrent de kandidaat-parameters, die voor het verschil tussen bijv. '*ete*' en '*ede*' verantwoordelijk zouden kunnen zijn. Zoals te verwachten was, bleek in de ruisexplosie van de *d* geen stembandactiviteit hoorbaar. Maar in '*ede*' is:

- de duur van de *e* langer;
- de gesloten periode korter;
- de ruisexplosie korter en ook minder krachtig;
- ter weerszijden van de *d* een stel formantbuigingen waarneembaar;
- het trillen van de stembanden niet onderbroken;
- de toonhoogte in de tweede lettergreep lager.

De vraag is nu: zijn al deze verschillen relevant? Om een antwoord te vinden werden *stimuli* gemaakt met de IPOVOX, waarin al deze parameters stelselmatig, in isolatie en in combinatie, werden gevarieerd en luisteraars steeds moesten aangeven of het gehoorde stemhebbend of stemloos was.

Uit deze experimenten moest worden geconcludeerd, dat er zozeer sprake is van een samenwerking tussen de verschillende parameters, dat – ook al zijn ze niet altijd alle noodzakelijk – geen ervan als de belangrijkste kan worden aangewezen. Dit heeft *Slis* ertoe gebracht een produktiemodel op te stellen, waarin aannemelijk kon worden gemaakt, hoe ieder van twee verschillende commando's, gegeven aan één articulator (i.c. de keelwandmusculatuur) het gehele ensemble van uitwendige verschijnselen kan veroorzaken, dat de indruk van *stemloos* of *stemhebbend* opwekt. Zo'n model is aantrekkelijk omdat het aansluit bij ons intuïtief aanvoelen, dat suggereert dat we inderdaad maar één ding anders doen, en waarmee we het verschijnsel zo simpel als *stemloos* of *stemhebbend* aanduiden.

Op een voor demonstratie vervaardigde bandopname is vastgelegd, hoe men uitgaande van het klankbeeld '*ete*', door achtereenvolgens elk der parameters te wijzigen, uiteindelijk bij '*ede*' terechtkomt. Geen enkele stap lijkt het oordeel definitief te doen omslaan, maar pas bij vergelijking van uitgangspunt en eindresultaat wordt duidelijk, hoezeer alle stappen bijdragen tot het dan wel duidelijke verschil.

3. Intonatie

In het onderzoek aan intonatie, waarin de vraag naar relevante toonhoogtebewegingen in de spraak aan de orde gesteld werd, is sprake van een analoge werkwijze. Aanvankelijke analyse van toonhoogtebewegingen, zoals die plaatsvinden in éénlettergrepige en meerlettergrepige geïsoleerd uitgesproken woorden, later in korte zinnetjes, waaronder bijv. spreekwoorden, leverde de hypothese op dat het belangrijkste basispatroon zou bestaan uit *declinatie* (een nauwelijks merkbare, geleidelijke daling gedurende de gehele uiting), *stijging* en *daling* op belangrijke woorden in de uiting (fig. 3).

De enige manier om te kunnen nagaan of dit werkelijk de essentiële elementen zijn, is de volgens deze recepten gesynthetiseerde contouren op zinnetjes te enten en het resultaat te beluisteren. Natuurlijk zou hiervoor de IPOVOX gebruikt kunnen worden, maar dat zou tamelijk bewerkelijk zijn. Zoals *Cooper* [3] reeds aangegeven had, kan men voor dit doel met vrucht een gemodificeerde 'Channel Vocoder' gebruiken. Fig. 4 geeft het schema van wat dan een Intonator genoemd wordt. Het ironische in dit apparaat is, dat één van de grote moeilijkheden van de 'Channel Vocoder', met name de pitch extractor (een zo grote handicap dat later de 'Voice Excited Vocoder' is ontwikkeld), in de Intonator juist achterwege moet blijven omdat de naar eigen inzichten geprogrammeerde contour moet worden ingevoegd!

Het basispatroon blijkt voor een groot aantal korte uitingen zeer goed te voldoen, maar in meer ingewikkelde zinnen wordt het anders. Stel, dat in een zin niet twee – zoals tot nu toe –

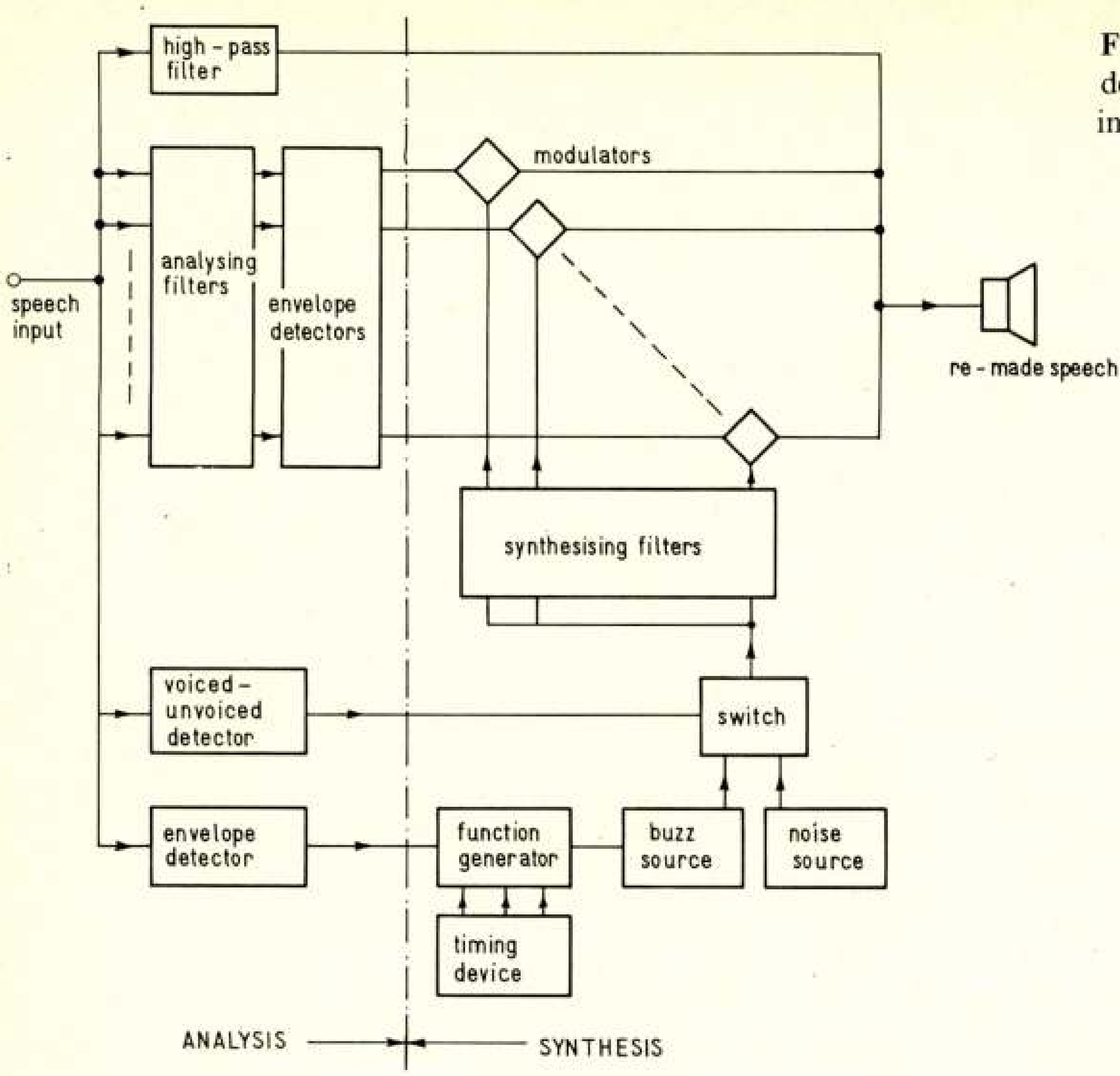


Fig. 4. Blokschema van de Intonator. Het high-pass filter geeft de frequenties boven 1600 Hz direct door, maar dit heeft geen invloed op de waargenomen toonhoogte.

maar drie klemtonen optreden, bijv.: 'De tempera*tuur* wordt auto*ma*tisch con*stant* gehouden'. Om te zien wat er dan gebeurt werd weer het principe *analyse door synthese* toegepast. Er zijn drie mogelijke oplossingen, waarin één van de klemtonen niet van een toonhoogtebeweging vergezeld gaat; deze blijken geen van drieën te voldoen. Globale analyse doet vermoeden dat de toon in *tuur* en *ma* stijgt, in *stant* daalt. Maar het blijkt niet toelaatbaar te zijn, twee stijgingen na elkaar te maken. Dan moet er dus ergens tussen de stijgende *tuur* en *ma* een daling ingevoegd worden en wel zonder dat dit opvalt. Met de Intonator kon zo'n daling inderdaad aangebracht worden; daarmee was de zgn. *niet-finale daling* ontdekt, die later ook in de registraties kon worden teruggevonden (*Cohen en 't Hart* [4]).

Ondanks het succes dat deze werkwijze heeft opgeleverd voor het vaststellen en bevestigen van een basispatroon en de modificaties daarvan in meer gecompliceerde uitingen, leert de ervaring, met name bij spontane spraak, dat het patroon vaak anders verloopt. De vraag is dan, of het hier gaat om toegelaten varianten van nog steeds hetzelfde basispatroon, of om manifestaties van andere basispatronen. Op deze vraag wordt getracht, met behulp van de Intonator een antwoord te vinden. Dat onderzoek is nog in volle gang.

Intussen mogen de genoemde voorbeelden voldoende hebben geïllustreerd, hoezeer wij aan technische ontwikkelingen, en met name aan die uit de spraaktransmissietechniek, apparatuur te danken hebben die bijzonder geschikt blijkt te zijn voor het onderzoek van een aantal wetenschappelijke problemen.

Literatuur

[1] A. Cohen, I. H. Slis en J. 't Hart: Perceptual Tolerances of Isolated Dutch Vowels, Phonetica, **9**, 1963, pp. 65 ... 78.

[2] I. H. Slis en A. Cohen: On the Complex Regulating the Voiced-Voiceless Distinction I en II, Language and Speech, **12**, 1969, pp. 80 ... 102 en 137 ... 156.

[3] F. S. Cooper: Speech synthesizers, Proceedings of the IVth International Congress of Phonetic Sciences, Helsinki 1961; Mouton, Den Haag, 1962.

[4] A. Cohen en J. 't Hart: On the Anatomy of Intonation. Lingua **19**, 1967, p. 177.

681.327.12:534.4

Woordherkenning met behulp van een computer

door ir. L. C. W. Pols, Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg



Synopsis: *Automatic word recognition.*
A system is described in which a reduced set (20) of words, spoken by different (20) male speakers, is recognized on-line with a fairly high (92.5%) recognition score. Recognition is based on the spectral pattern of the words, determined every 15 ms with a 1/3-octave bandfilter set. Data reduction is used in such a way that, after all, a spoken word is described as a set of points in a 3-dimensional space. These points form a trace which, after time normalization, is compared with the reference patterns of all words of the set. A possible approach for a phoneme recognition system is suggested.

1. Inleiding

De ideale automatische spraakherkenner zou moeten bestaan uit: *een microfoon*, waarin woorden of complete zinnen gesproken worden; *een computer* met randapparatuur die de informatie verwerkt, en tenslotte *een uitvoer*, die bijv. bestaat uit een schrijfmachine welke het gesprokene typt. De wetenschap en de techniek zijn echter nog niet zo ver en het hierna beschreven systeem is dan ook slechts een bescheiden aanloop in de richting van het geschetste ideaal. Wat het door ons ontwikkelde systeem *al wel* en *nog niet* kan, zal nader worden gepreciseerd.

Vanwege het meestal hoge omgevingslawaai in een computerkamer is het rechtstreeks inspreken van woorden in een ter plaatse opgestelde microfoon veelal moeilijk te verwezenlijken. We werken dan ook bij voorkeur met een bandopname van woordlijsten die opgenomen zijn in een stille ruimte. Dit heeft bovendien het voordeel, dat tijdens de ontwikkeling van het systeem altijd woordmateriaal van een constante kwaliteit beschikbaar is.

Het woordmateriaal werd voorlopig beperkt tot een set van 20 geïsoleerde woorden, te weten de getallen 0 ... 9 en tien computerinstructies: BEGIN, STOP, MIN, PUNT, MAAL, MACHT, FOUT, DOE, ALS, GELIJK. We hebben de indruk dat met deze *woordset* toch reeds een groot aantal verschillende operaties uitgevoerd kan worden; vooral het gebruik van het woord DOE in combinatie met een getal maakt dit mogelijk. De instructies:

BEGIN
DOE EEN ZEVEN STOP
TWEE PUNT DRIE STOP
MIN PUNT VIJF STOP
ZEVEN FOUT ZES PUNT NUL STOP
'
'
'
MIN TWEE PUNT NEGEN STOP
STOP

zouden bijv. kunnen betekenen: *beschouw de gegeven lijst getallen als* x_i-y_i *waarden en bereken de lineaire correlatiecoëfficiënt.* Nadat een woord uitgesproken is, zou meteen het resultaat van de herkenning zichtbaar moeten worden, zodat een visuele terugkoppeling en een eventuele correctie mogelijk zijn. Deze en andere wensen maken dat een automatische spraakherkenner alleen maar van praktisch nut is als hij *on-line*, d.w.z. zonder tijdvertraging, werkt. Ons systeem voert een herkenning uit binnen 0,45 s nadat geconstateerd is, dat een uitgesproken woord inderdaad is afgelopen.

2. Meetprocedure

Ten einde na te gaan of er signaal aanwezig is of niet, wordt iedere ms de uitgang van een breedbandfilter (type LINEAR-C; – 3 dB-punten bij 31,5 en 8000 Hz) afgetast. Slechts als het gemeten niveau hoger is dan een vooraf ingesteld triggerniveau veronderstellen we, dat er signaal aanwezig is. Dit signaal moet worden geanalyseerd ten einde de gegevens te verkrijgen, die een herkenning van het woord mogelijk maken. Gekozen is voor een frequentie-analyse van het akoestische signaal met gebruikmaking van een parallelle set bandfilters, analoog aan de wijze waarop in het menselijk gehoororgaan auditieve signalen worden verwerkt. De gebruikte filterset bestaat uit 20 tertsfilters, waarvan er in het laagfrequente gebied een aantal zijn gecombineerd, zodat we uiteindelijk uitkomen op een set van 17 bandfilters, als weergegeven in fig. 1.

Ieder van deze filters wordt gevolgd door een logaritmische versterker en een enkelfasige piekdetector; aan de uitgang van zo'n circuit is dus de piekwaarde van de logaritme van het niveau in die bepaalde frequentieband aanwezig. Om de 15 ms worden deze waarden met behulp van een multiplexer afgetast en daarna op hun nulwaarde teruggezet.

Ieder getal geeft het maximale geluiddrukniveau in decibels (dB) aan dat gedurende de voorgaande 15 ms in die filterband is voorgekomen. Het frequentiespectrum van een woordsegment van 15 ms wordt aldus beschreven met 17 getallen. We zien in het schema van fig. 1, dat nog 3 andere grootheden worden gemeten, nl. het aantal positieve nuldoorgangen in de voorafgaande 15 ms en het hoogste positieve (LIN.*P*) en negatieve (LIN.*N*) lineaire niveau zoals dat gemeten wordt via het type LINEAR-*C* filter. Deze 20 grootheden worden via een analoog-digitaal-omzetter (ADO) aan de computer toegevoerd; zij vormen de basisgegevens, waarmee verder wordt gerekend. Vanwege de vaak aanzienlijke asymmetrie in het spraaksignaal wordt zowel de positieve als de negatieve fase van het signaal gemeten. De hoogste van deze beide niveaus (LIN.*H*) wordt uiteindelijk in de verdere analyse gebruikt.

De informatieoverdracht van de analysator, om de 15 ms, via de multiplexer en de ADO naar de computer, vereist nog enige nadere toelichting. We maken gebruik van een set tertsfilters, wat inhoudt dat de bandbreedte van de filters evenredig met de middenfrequentie toeneemt. De bandbreedte beïnvloedt

Voordracht, gehouden voor de leden van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap en van de Benelux Sectie van de I.E.E.E., tijdens de 210e werkvergadering van het NERG, op 27 mei 1970 te Eindhoven.

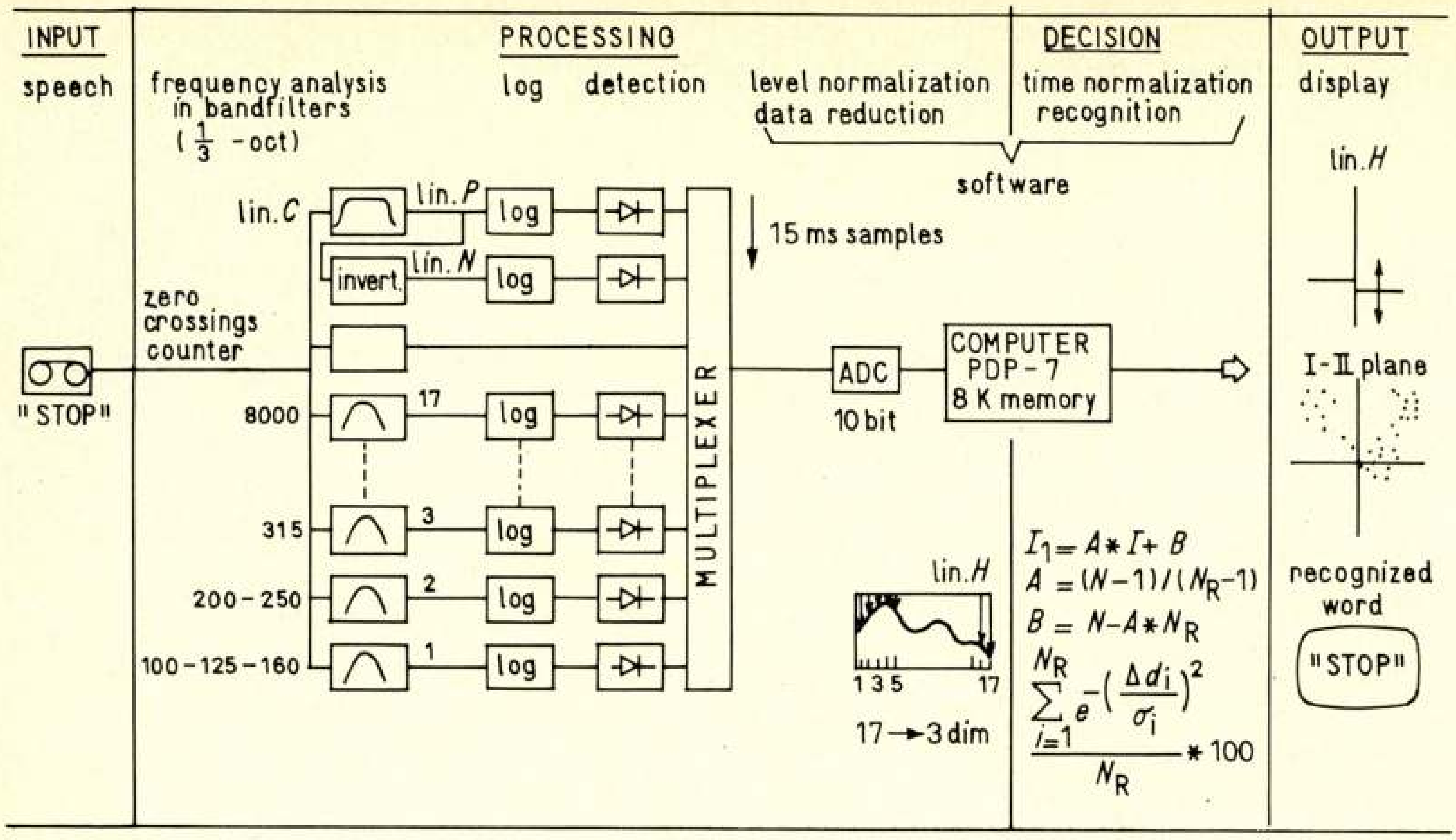


Fig. 1. Principeschema van de meet- en herkenningsprocedure.

echter ook de tijdvertraging tussen in- en uitgangssignaal. Voor het 8000 Hz filter is deze vertraging slechts ca. 0,4 ms; voor de laagste filtercombinatie is deze echter toegenomen tot ca. 32 ms. Om toch steeds de spectrale energieverdeling van eenzelfde stuk ingangssignaal te meten, is het dan noodzakelijk dat de filteruitgangen met behulp van de multiplexer worden afgetast op een manier die geïllustreerd is in fig. 2. We zien dat deze aftastprocedure de grenzen van de 15-ms woordsegmenten overschrijdt, wat het programmeren niet vereenvoudigt. [1])

Of een bepaalde klank hard of zacht wordt uitgesproken is voor de herkenning minder belangrijk; daarom kan een luidheidnormering worden toegepast. Dit gebeurt door de 17 filterwaarden per 15-ms woordsegment af te trekken van het bijbehorende lineaire niveau (LIN.*H*).

De aldus resulterende 17 dB-waarden kunnen beschouwd worden als de coördinaatwaarden van een punt in een 17-dimensionale ruimte. De frequentiespectra van de opeenvolgende 15-ms woordsegmenten worden dus gekarakteriseerd door opeenvolgende punten in die ruimte. Op deze manier kan een woord worden afgebeeld als een verzameling punten in een 17-dimensionale ruimte. Wanneer op deze wijze een aantal woorden wordt geanalyseerd, verkrijgen we een groot aantal punten in die ruimte; de puntenwolk blijkt niet willekeurig verdeeld te zijn over de hele ruimte, maar zij blijkt bepaalde voorkeursoriëntaties te hebben. Dit hangt samen met het feit dat er een zekere afhankelijkheid bestaat tussen de spraakklanken en de gebruikte bandfilters.

Met behulp van mathematische technieken is het mogelijk die voorkeursrichtingen op te zoeken. Een beperkt aantal van deze voorkeursrichtingen omspant een subruimte waarin een groot deel van de oorspronkelijke informatie nog aanwezig is. In mathematische termen kan worden gedefinieerd welk percentage van de oorspronkelijke totale variatie wordt 'verklaard' in zo'n subruimte van een lagere dimensionaliteit. Voor het hier gebruikte woordmateriaal bleek een reductie van 17 naar 3 dimensies mogelijk te zijn (78,1% verklaarde variantie). Deze aanzienlijke datareductie maakt een snellere verwerking van de meetgegevens mogelijk. We beschrijven nu immers een woord als een verzameling punten in een 3-dimensionale ruimte. Voor de uiteindelijke herkenning moet dit 'spoor' worden vergeleken met de referentiesporen van de 20 mogelijke woorden.

Uit een uitgebreid onderzoek van de Nederlandse klinkers is gebleken, dat een frequentie-analyse van spraakklanken m.b.v. tertsfilters, gevolgd door een datareductie, een zinvolle aanpak is [1]. Bij dit onderzoek bleek, dat voor de klinkers een datareductie tot 4 dimensies (75,4% verklaarde variantie) mogelijk was, zodat iedere klinker beschreven kon worden als een punt in een 4-dimensionale ruimte. Een gesimuleerde automatische klinkerherkenner kwam op grond van deze gegevens tot 88,7% correcte herkenningen. Een eenvoudige spreker-afhankelijke correctie bracht dit percentage zelfs tot 97,5%. Bovendien bleek deze 4-dimensionale fysische klinkerconfiguratie grote overeenstemming te vertonen met een perceptieve 4-dimensionale beschrijving van de gemiddelde klinkers gevonden uit een benoemingsexperiment. Ook uit een ander onderzoek kwam deze relatie duidelijk naar voren [2].

Terugkomend op het probleem van de automatische woordherkenning zijn we nu toe aan de bepaling van het referentiespoor voor ieder van de 20 woorden. Deze sporen worden verkregen door ieder woord verschillende keren te analyseren, en wel zoals uitgesproken door 20 verschillende sprekers. Voor één woord ontstaan zo 20 sporen die moeten worden gemiddeld. Aangezien echter de duur van dat woord zeker niet gelijk zal zijn voor ieder van de sprekers, is ook het aantal punten waarmee het woord wordt beschreven niet gelijk; er kan pas tot middeling worden overgegaan na een tijdnormering. We hebben daarbij gekozen voor een procedure, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van geïnterpoleerde data en waarbij het begin, midden en einde van het woord even belangrijk is.

Als een woord van een bepaalde spreker een zeker aantal ms duurt wordt het beschreven met een bepaald aantal meetpunten. Als dit aantal groter is dan het gemiddelde aantal punten voor dat woord, moet dit aantal worden teruggebracht tot het gemiddelde aantal punten door weglating van zo nu en dan een meetpunt. Als het aantal meetpunten kleiner is dan het gemiddelde aantal, moet het aantal punten worden uitgebreid, door zo nu en dan een punt twee keer te nemen. Als aldus het aantal

---

[1]) De vereiste programma's zijn door de heer *L. W. M. Spiekman* ontwikkeld.

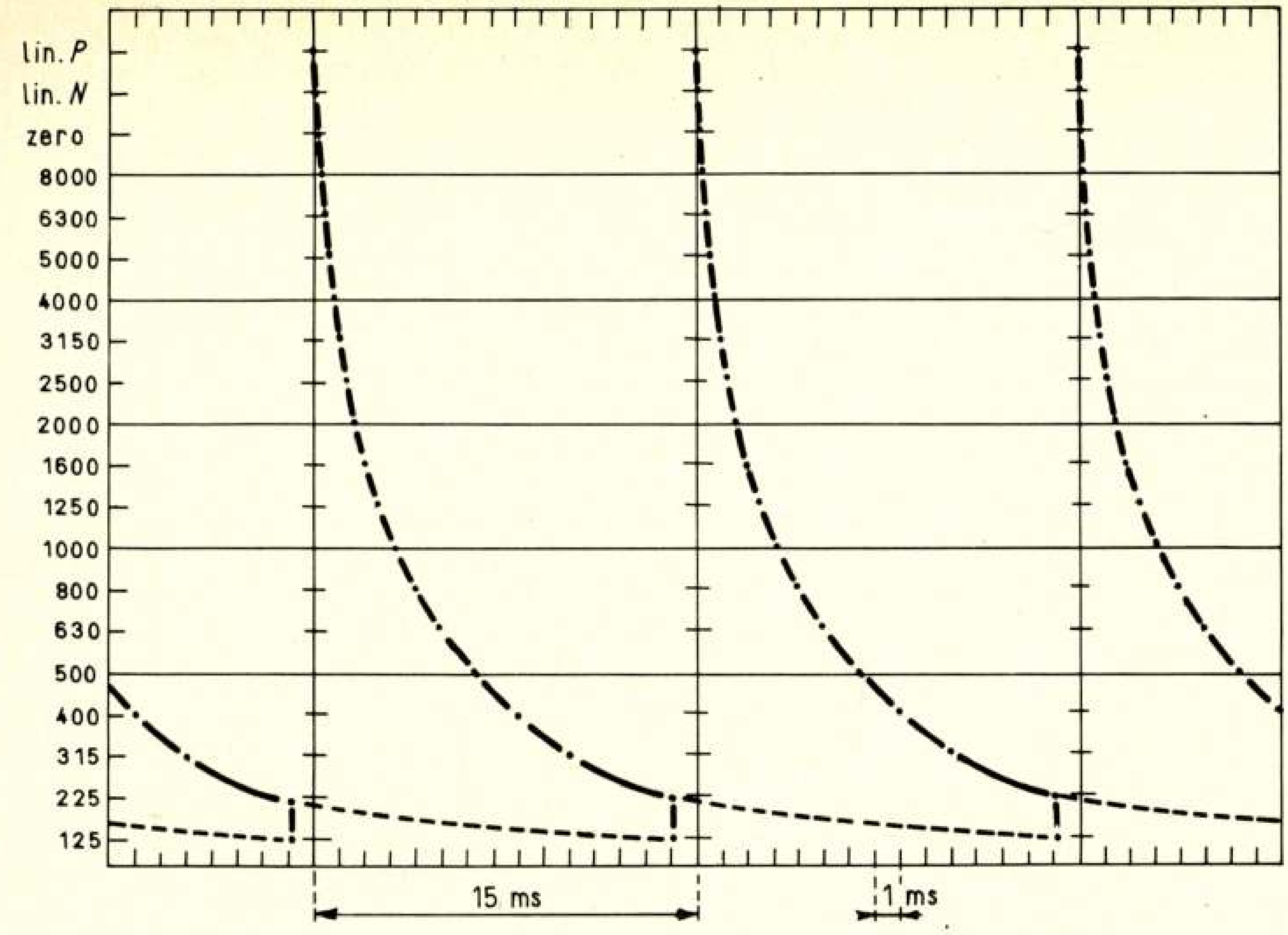


Fig. 2. Wijze waarop de 20 meetgegevens met behulp van de multiplexer, als functie van de tijd, afgetast worden.

meetpunten van een individueel woord gelijk gemaakt is aan het gemiddeld aantal punten, kunnen de coördinaatwaarden van het gemiddelde spoor worden berekend en kan een standaardafwijking σ_i per punt i worden vastgesteld. De 4 getallen per punt per woord worden opgeslagen in het geheugen van de computer; bij een gemiddeld aantal van 35 meetpunten per woord komt dit neer op 20 × 35 × 4 = 2800 getallen.

3. Herkenningsprocedure

De procedure voor het herkennen van een willekeurig ingesproken woord is nu als volgt:
- het niveau van het omgevingslawaai in de ruimte, of van de bandruis, wordt gemeten en het triggerniveau wordt hier ca. 10 dB boven gelegd;
- de computer krijgt een startcommando;
- na het startcommando wordt iedere ms het LIN.*P*- en LIN.*N*-niveau gemeten: zo gauw een van deze niveaus hoger is dan het ingestelde triggerniveau, start de analyse;
- iedere 15 ms worden de 2 lineaire kanalen, de nuldoorgangendetector en de 17 filteruitgangen afgetast op de manier aangegeven in fig. 2. In de computer worden vervolgens de geluiddrukniveaus in dB per filter t.o.v. LIN.*H* berekend. Deze 17 getallen worden getransformeerd tot 3 coördinaatwaarden;
- de analyse wordt onderbroken wanneer het geluiddrukniveau van het signaal (LIN.*H*) onder het ingestelde triggerniveau komt;
- het woord wordt als geëindigd beschouwd wanneer LIN.*H* meer dan 300 ms ononderbroken onder het ingestelde triggerniveau blijft. Daarna worden de 3 coördinaatwaarden per 15 ms woordsegment gebruikt voor de woordherkenning.

Voor de feitelijke woordherkenning wordt het spoor van het ingesproken woord vergeleken met ieder van de 20 referentiesporen en steeds wordt het aantal meetpunten van het gesproken woord gelijk gemaakt aan het aantal punten van het referentiespoor. De gelijkenis met een referentiespoor wordt uitgedrukt in een score, die als volgt wordt gedefinieerd:

$$\text{score} = \frac{\sum_{i=1}^{N_R} e^{-\left(\frac{d_i}{\sigma_i}\right)^2}}{N_R} * 100$$

waarbij N_R gelijk is aan het aantal punten van het referentiespoor en d_i de afstand is in 3 dimensies tussen het *i*de punt van het gesproken woord en het *i*de punt van het referentiespoor. Door deze afstand te delen door σ_i wordt de afstand 'gewogen' t.o.v. de spreiding rondom het *i*de referentiepunt. De score ligt tussen 0 en 100 en blijkt voor een juist herkend woord meestal in de buurt van 50 te liggen.

De 20 woorden, uitgesproken door 20 verschillende mannelijke sprekers, bleken voor 92,5% juist herkend te worden.[2] Het ligt in de bedoeling het systeem verder te testen voor andere sprekers, aangezien deze groep van 20 sprekers tevens gebruikt was voor het bepalen van de referentiesporen.

Men moet zich realiseren dat deze resultaten bereikt zijn door uitsluitend gebruik te maken van de spectrale informatie. Er staan ons nog een aantal andere gegevens ter beschikking om de 'correcte'-score op te voeren, zoals de niveauverdeling binnen het woord, de verdeling van het aantal nuldoorgangen en het al dan niet aanwezig zijn van pauzen binnen een woord. Zo wordt de plofklank T in het woord ACHT bijv. voorafgegaan door ca. 100 ms stilte, het woord ALS daarentegen, dat spectraal veel overeenkomst vertoont met het woord ACHT, heeft deze tussentijdse stilte niet.

Doordat we gebruik maken van een standaard analyseproce-

[2]) In de periode na de voordracht heeft de auteur bij een verdere ontwikkeling in het door hem verrichte onderzoek kunnen vaststellen, dat het percentage van juist herkende woorden steeg tot 96,5% door een andere scoredefinitie te gebruiken.

dure en de meetgegevens volgens een mathematisch goed gedefinieerde methode worden verwerkt, is het mogelijk het systeem in korte tijd geschikt te maken voor de herkenning van een andere set woorden, desnoods in een andere taal. Het aantal woorden kan wellicht ook nog enigszins worden uitgebreid. Voor een universele woordherkenning is deze aanpak echter toch te beperkt.

Een volgende stap in het onderzoek is dan ook om van de herkenning van een compleet woord over te stappen op de herkenning van grote segmenten (evt. fonemen) binnen een woord. Daartoe is het nodig, dat wordt bepaald of opeenvolgende 15-ms woordsegmenten behoren tot een min of meer constant deel van het woord of dat deze een overgangsgebied van het ene foneem naar het ander vertegenwoordigen. De informatie voor de woordsegmentatie kan verkregen worden uit gegevens als de verdeling van het lineaire niveau en van het aantal nuldoorgangen binnen het woord; de afstand tussen opeenvolgende punten in de 3-dimensionale subruimte; aanwezigheid van stilten binnen het woord, enz. Op grond hiervan kan een aantal punten worden gecombineerd tot één foneempunt. De positie van dit punt moet worden vergeleken met alle mogelijke gemiddelde foneemposities, waarbij dan één foneem als het meest waarschijnlijke naar voren zal komen. Deze aanpak heeft nauwelijks beperkingen voor wat de woordset betreft en zou mettertijd kunnen resulteren in een fonetische schrijfmachine.

Literatuur

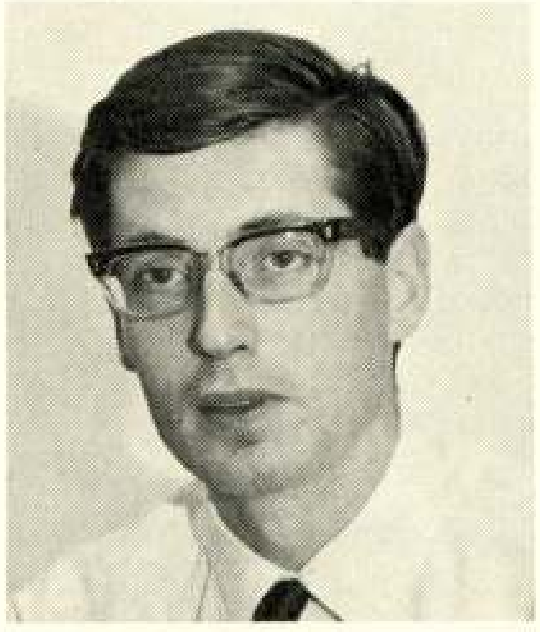
[1] KLEIN, W., PLOMP, R., POLS and L. C. W. (1970): Vowel spectra, vowel spaces and vowel identification. J. Acoust. Soc. Amer. **48.**

[2] POLS, L. C. W., KAMP, L. J. TH. VAN DER., and PLOMP, R. (1969): Perceptual and physical space of vowel sounds. J. Acoust. Soc. Amer. **46,** pp. 458 ... 467.

534.4:621.391.83

Beoordelen van spraakcommunicatiekanalen langs fysische weg

door ir. T. Houtgast en H. J. M. Steeneken Ing., Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg





Synopsis: *Physical quantification of speech transmission systems.*

From fundamental studies it is known that perceptual differences between sounds, as judged by listeners, can be quantified physically on the basis of their frequency spectra. This can be applied in quantifying the quality of speech transmission systems when the concept 'preservation of intelligibility' is substituted by the concept 'preservation of perceptual differences between speech sounds'. It leads to the definition of a physical quantity, the Speech Transmission Index (STI), that indicates to what extent the perceptual differences between the speech sounds are preserved by the system. For a great number of speech transmission channels, subjected to several types of disturbances, the STI-values are compared with intelligibility scores, obtained with phonetically balanced words (PB-words). The results show that on the basis of the STI the PB-word intelligibility obtainable on a transmission channel can be predicted with an accuracy margin of about $\pm$ 6% PB-words.

1. Inleiding

Spraakverstaanbaarheid is een perceptief begrip; het is direct gekoppeld aan de waarneming door luisteraars. Nauw verwante, eveneens perceptieve, begrippen zijn bijv. de mate van *verwarringen* tussen verschillende spraakklanken of de mate waarin de diverse spraakklanken voor een luisteraar verschillend klinken (perceptieve *verschillen*). Deze eigenschappen zijn, naar verwacht mag worden, onderling sterk gekoppeld; naarmate de perceptieve verschillen tussen de diverse spraakklanken groter zijn, zullen de klanken minder verward worden en zal de spraak beter te verstaan zijn.

De genoemde eigenschappen van spraak en spraakklanken worden bepaald door de waarneming door luisteraars, waarbij het meten en kwantificeren van deze eigenschappen ook in eerste instantie berust op het doen van luisterexperimenten. Een fysische benadering van deze begrippen is gebaseerd op de gedachte, dat spraakklanken signalen zijn, die door een veelheid van fysische kenmerken geheel zijn te beschrijven. In principe zijn dus genoemde perceptieve eigenschappen terug te voeren tot bepaalde fysische kenmerken, of combinaties daarvan.

Wanneer eenmaal vastgesteld is welke fysische kenmerken van belang zijn en op welke wijze de meetwaarden geïnterpreteerd dienen te worden, kunnen de genoemde eigenschappen ook langs fysische weg gekwantificeerd worden. Als basis voor het bepalen van de relatie tussen de fysische en de perceptieve eigenschappen van spraakklanken maken we gebruik van de resultaten, verkregen bij fundamentele onderzoekingen [1, 2]. Bij deze onderzoekingen werden klanken, enerzijds gebruikt in experimenten met luisteraars voor het meten van perceptieve eigenschappen en anderzijds, geanalyseerd om de relevante fysische eigenschappen ervan te bepalen. Gebleken is dat voor twee klanken i en j, op grond van de frequentiespectra een

Voordracht, gehouden voor de leden van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap en van de Benelux Sectie van de I.E.E.E., tijdens de 210e werkvergadering van het NERG, op 27 mei 1970 te Eindhoven.

fysisch verschil D_{ij}, dat nauw aansluit bij de beoordeling door luisteraars, kan worden gedefinieerd als:

$$D_{i,j} = \sum_{n=1}^{N} |L_{i,n} - L_{j,n}|^p \qquad (1)$$

waarin $L_{i,n}$ en $L_{j,n}$ de *geluiddrukniveaus* zijn van klank i en klank j na filtering door een 1/3-octaafilter n (bijv. n van 1 tot 16, met middenfrequenties van 250 tot en met 8000 Hz). Wanneer een aantal van deze klanken met elkaar worden vergeleken, blijkt dat er een hoge rangorde-correlatie bestaat tussen de onderlinge fysische verschillen berekend volgens (1), de onderlinge perceptieve verschillen, waargenomen door luisteraars en de mate waarin de klanken onderling verward worden. De waarde van de macht p is in dit verband niet kritisch.

2. Transmissie Index (TI)

Voor het kwantificeren van de overdrachtskwaliteit van een spraaktransmissiekanaal maken we gebruik van (1). Voor slechts twee klanken i en j kan de kwaliteit van het transmissiekanaal gedefinieerd worden als het *quotiënt* van $D'_{i,j}$, het fysische verschil tussen de twee klanken na de transmissie, en $D_{i,j}$, het oorspronkelijke verschil tussen de twee klanken. We noemen dit de *Transmissie Index* TI, in formulevorm geschreven als:

$$\mathrm{TI}_{i,j} = \frac{D'_{i,j}}{D_{i,j}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} |L'_{i,n} - L'_{j,n}|^p}{\sum_{n=1}^{N} |L_{i,n} - L_{j,n}|^p} \qquad (2)$$

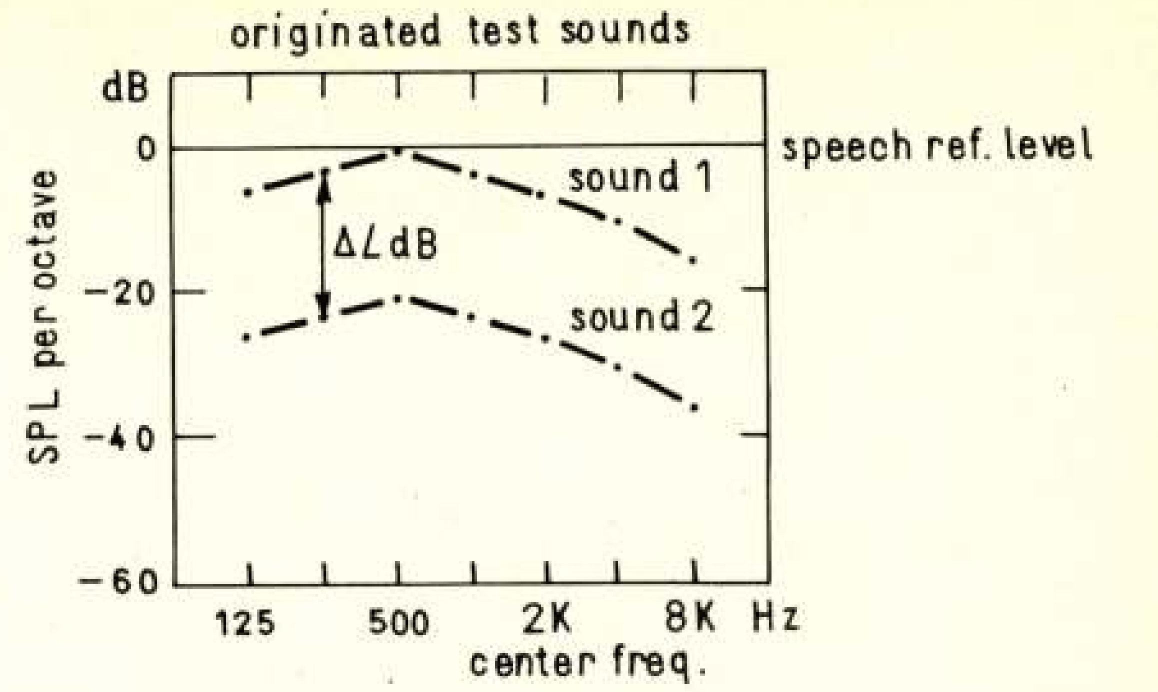
met dezelfde notatie als in (1).

Gezien het voorgaande kunnen we stellen, dat $\mathrm{TI}_{i,j}$ aangeeft in welke mate het oorspronkelijke perceptieve verschil tussen de klanken i en j aan de ontvangzijde van het transmissiekanaal bewaard is gebleven. Het is gemakkelijk in te zien dat de TI geen invariante eigenschap is van het transmissiekanaal, maar afhankelijk is van het klankenpaar, dat beschouwd wordt.

3. Spraaktransmissie Index (STI)

Met enkele min of meer voor de hand liggende aannamen kan uit (2) een formule afgeleid worden, die de invloed van het transmissiekanaal aangeeft op de verschillen tussen spraakklanken in het algemeen en die daarom als maatgevend beschouwd mag worden voor de invloed van het kanaal op de spraakverstaanbaarheid. Bij deze formulering worden enkele parameters ingevoerd, waarvan de grootte a priori niet gespecificeerd wordt, doch bepaald zal worden aan de hand van een optimale aanpassing van de uitkomsten van deze fysische metingen op de resultaten van verstaanbaarheidsmetingen.

Als eerste stap wordt een testsignaal gedefinieerd, dat bestaat uit twee signalen 1 en 2, waarvoor de TI bepaald kan worden en dat in zekere mate representatief is voor de spraak. Het ligt voor de hand om de vorm van de frequentiespectra van beide signalen gelijk te maken aan het gemiddelde frequentiespectrum van spraak het geluiddrukniveau van signaal 1 wordt bepaald door het geluiddrukniveau van de spraak die normaal aan de spreekzijde van het kanaal wordt geproduceerd. Het geluiddrukniveau van signaal 2 is ΔL dB lager dan dat van signaal 1. Ten einde in eerste benadering ook de invloed van nagalm op de kwaliteit van een transmissiekanaal te kunnen bepalen,



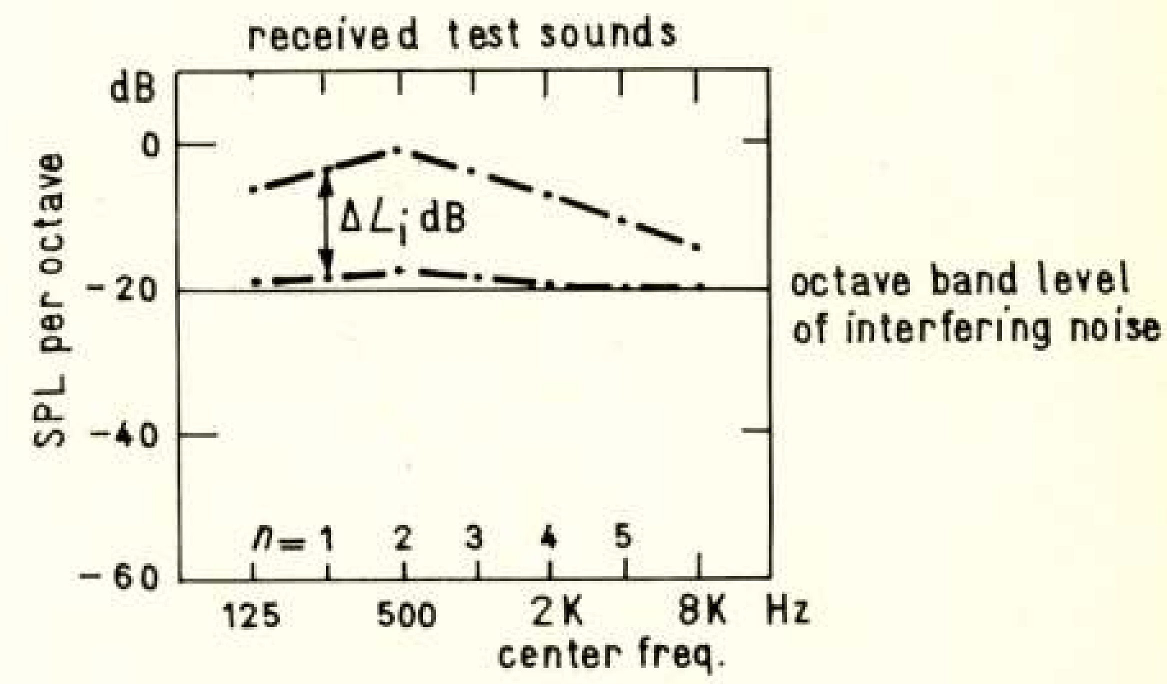


Fig. 1. Geluiddrukniveau in dB per octaaf als functie van de frequentie. De bovenste grafiek toont de geluiddrukniveaus van het testsignaal met als referentie de gemiddelde dB(LIN.-A)-waarde (bij 'fast response') van het spraakniveau. De onderste grafiek toont de geluiddrukniveaus van de ontvangen signalen bij de conditie, dat een stoorlawaai aanwezig is, waarvan het geluiddrukniveau een constante waarde bezit van − 20 dB per octaaf.

dient de tijdstructuur van het testsignaal enigermate representatief te zijn voor de tijdstructuur van een spraaksignaal. Daartoe worden de twee signalen 1 en 2 afgewisseld in een specifiek ritme F_r (Hz). Het testsignaal bestaat dus uit een voortdurende opeenvolging van twee signalen (parameter F_r). De beide signalen zijn zo gekozen, dat zij het voor spraak belangrijke gebied in het amplitude-frequentievlak markeren (parameter ΔL). De signalen zijn weergegeven in fig. 1.

Als tweede stap wordt de analyseprocedure voor het ontvangen testsignaal gedefinieerd. We zullen afzien van de gedetailleerde analyse, gebaseerd op 1/3-octaaf filters en ons beperken tot een verwerking, gebaseerd op octaaffilters. De transmissie-index voor de signalen 1 en 2 kan dan geschreven worden als:

$$\mathrm{TI}_{1,2} = \frac{\sum_{n=1}^{5} (\Delta L'_n)^p}{5(\Delta L)^p}\ , \text{ ritme } F_r \text{ Hz} \qquad (3)$$

waarin $\Delta L'_n$ gedefinieerd is als de variatie van het geluiddrukniveau met ritme F_r na filtering van het ontvangen testsignaal met octaaf filter n (n = 1 tot 5 met middenfrequenties van 250 tot en met 4000 Hz). Deze TI geeft aan, in hoeverre de oorspronkelijke verschillen tussen de signalen 1 en 2 aan de ontvangzijde zijn behouden. Alvorens dit als maatgevend te duiden voor het behoud van de verschillen tussen spraakklanken in het algemeen, dienen we ons te realiseren dat niet a priori de aanname, verondersteld in (3), vaststaat, nl. dat elke frequentieband bij deze bepaling eenzelfde gewicht heeft. Daarom voeren we de gewichtsfactoren α_n in, waarmee de bijdragen van de ver-

schillende octaafbanden tot de TI gewogen kunnen worden. De TI, op deze wijze geformuleerd, beschouwen we als maatgevend voor de invloed van het transmissiekanaal op de verschillen tussen spraakklanken in het algemeen en daarmee voor de kwaliteit van de spraakoverdracht. Dit noemen we de *spraaktransmissie-index*, in formulevorm geschreven als:

$$\mathrm{STI} = \frac{\sum_{n=1}^{5} \alpha_n (\Delta L'_n)^p}{\sum_{n=1}^{5} \alpha_n (\Delta L)^p}, \text{ ritme } F_r \text{ Hz} \tag{4}$$

waarin:

F_r (Hz), *parameter:*
het ritme waarmee de signalen 1 en 2 afgewisseld worden;

ΔL (dB), *parameter:*
de variatie van het geluiddrukniveau met ritme F_r in het oorspronkelijke testsignaal;

$\Delta L'_n$ (dB): de variatie van het geluiddrukniveau met het ritme F_r in het ontvangen testsignaal na filtering door octaaffilter n ($n = 1$ tot 5, middenfrequentie 250 tot en met 4000 Hz);

p, *parameter:*
de waarde van deze macht bepaalt het verband tussen de waarde van $\Delta L'_n$ en de bijdrage daarvan tot de STI;

α_n, *parameters:*
deze bepalen de mate waarin de verschillende frequentiebanden bijdragen tot de STI.

Samenvattend wordt door de STI aangegeven in hoeverre het voor de spraak belangrijke gebied in het amplitude-frequentievlak door het transmissiekanaal is aangetast, waarbij zowel een weging in de amplituderichting (macht p) als een weging in de frequentierichting (factoren α_n) mogelijk is.

Het meten van de STI, zoals geformuleerd in (4), kan op eenvoudige wijze geschieden. Aan de spreekzijde van het te onderzoeken spraaktransmissiekanaal wordt het testsignaal geproduceerd (parameters ΔL en F_r), waarbij het geluiddrukniveau ingesteld wordt ten opzichte van het geluiddrukniveau van de spraak die het testsignaal vervangt.

In het voorbeeld, gegeven in tabel 1, is tussen de signalen 1 en 2 een ΔL van 20 dB ingesteld.

Tabel 1. Het verband tussen de geluiddrukniveaus van de twee signalen en het geluiddrukniveau van het spraaksignaal, waarvoor het testsignaal in de plaats komt. Het referentieniveau, dat de gemiddelde dB(LIN.-*A*)-waarde is van de spraak bij 'fast response', is gelijkgesteld met 0 dB (voor lang-geïntegreerd, en ongefilterd, is dit niveau + 3dB).

	Middenfrequentie van het octaaffilter (Hz)					
	250	500	1000	2000	4000	dB (LIN.-*A*)
Signaal 1	−3	−1	−4	−7	−11	0
Signaal 2	−23	−21	−24	−27	−31	−20

Als mogelijke referentiewaarden voor de spraak worden in tabel 1 genoemd het gemiddelde van de wijzeruitslagen van een precisie-geluiddrukniveaumeter op stand LIN.-*A*, bij 'fast response' en de moeilijker te meten waarde van het geluiddrukniveau gebaseerd op een lange integratietijd (1 min) van het ongefilterde spraaksignaal.

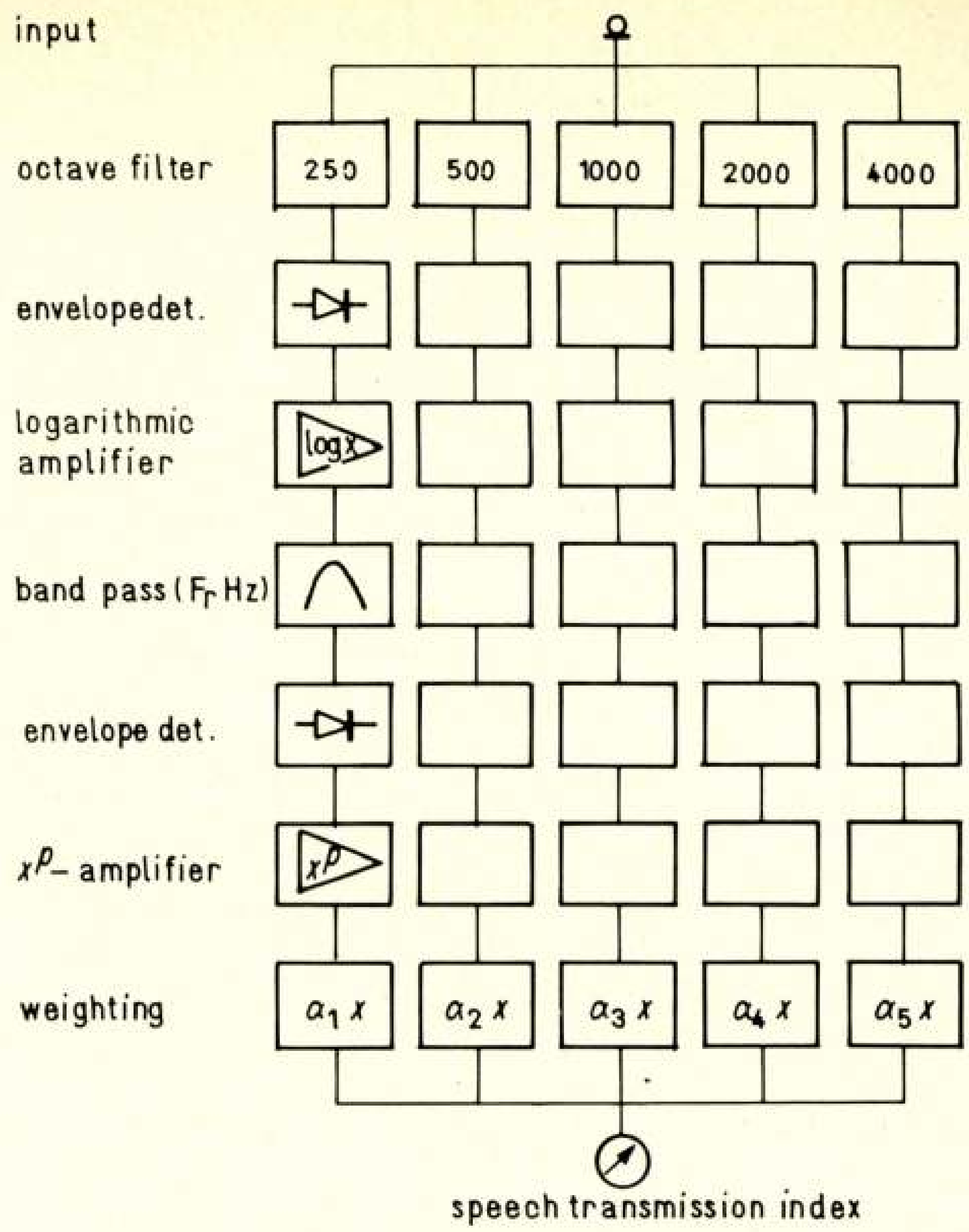


Fig. 2. Blokschema van een apparaat, waarmede het ontvangen testsignaal kan worden geanalyseerd. De uitgangsspanning is evenredig met de STI van het onderzochte transmissiekanaal.

Aan de luisterzijde wordt het ontvangen testsignaal geanalyseerd met een apparaat waarvan het principe is weergegeven in fig. 2 (parameters p en α_n). De spanning aan de uitgang is een lineaire maat voor de waarde van de STI in %, waarbij de referentiespanning, overeenkomend met 100%, verkregen wordt uit een directe analyse van het 'schone' testsignaal.

De waarde van de STI is in hoge mate afhankelijk van de waarden die voor de verschillende parameters worden gekozen. De procedure volgens welke de waarden van deze parameters worden bepaald, is in de volgende paragraaf omschreven.

4. Spraaktransmissie Index en logatoomverstaanbaarheid

De praktische bruikbaarheid van de STI voor het kwantificeren van spraaktransmissiekanalen is experimenteel onderzocht. Daarbij ging het er in het bijzonder om of de waarden van de parameters zodanig gekozen konden worden, dat de STI een ondubbelzinnige maat is voor de invloed van het transmissiekanaal op de verstaanbaarheid, *ongeacht* het type storing dat daarbij een rol speelt.

In het laboratorium werden in een verbinding tussen spreker en luisteraar vier typen storingen en vervorming ingevoerd:

1. *thermische ruis* (diverse spectra);
2. *bandbreedte beperking;*
3. *peak-clipping* (tot 25 dB);
4. *nagalm.*

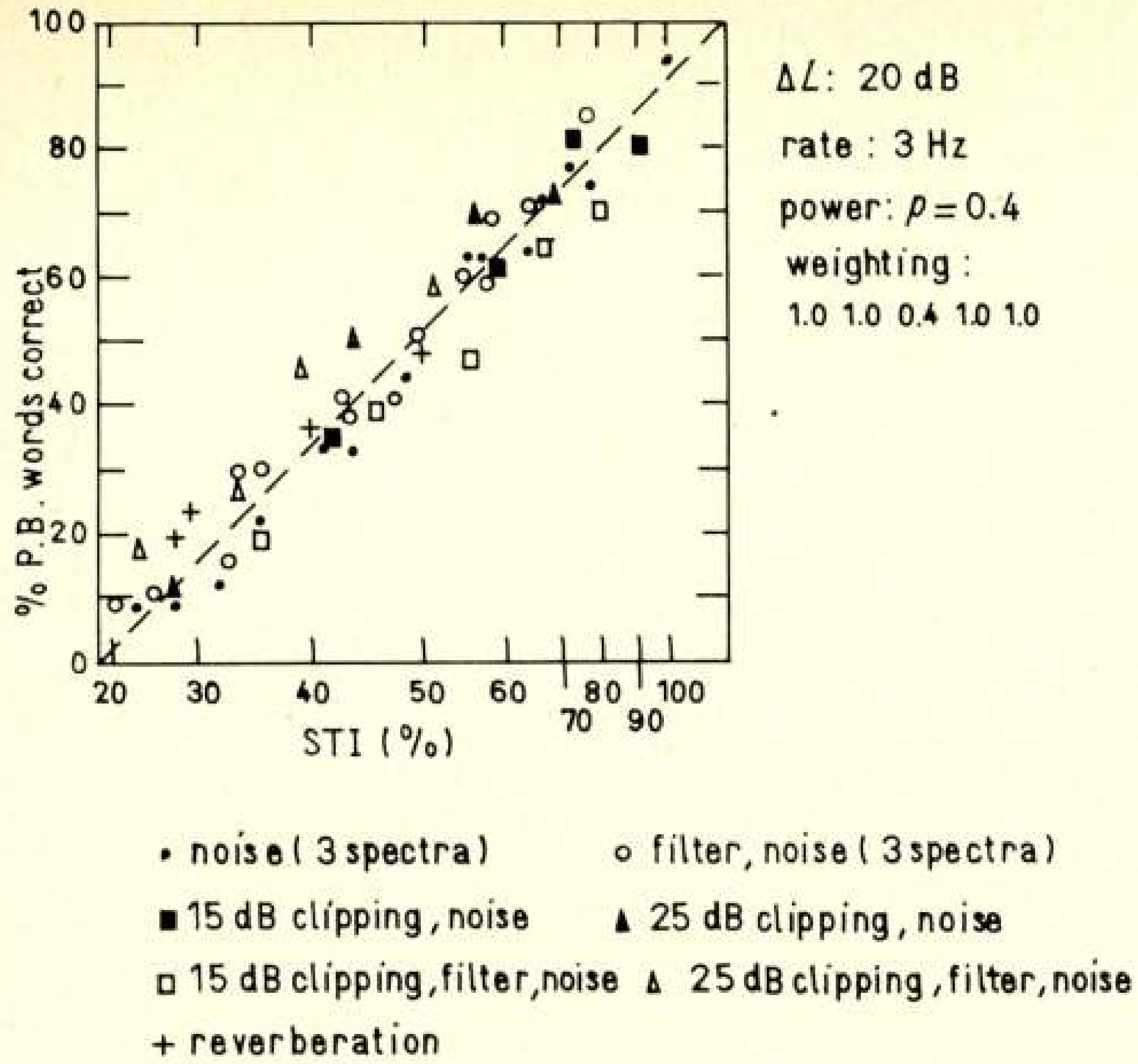


Fig. 3. De logatoomverstaanbaarheid en de STI voor de onderzochte 50 condities. De waarde van de verschillende parameters bij het bepalen van de STI is aangegeven.

Door deze storingen en vervorming in meerdere of mindere mate en in velerlei combinaties te introduceren werden 50 verschillende transmissiekanalen gespecificeerd. Enerzijds werd voor deze 50 condities met 4 sprekers en 4 luisteraars de logatoomverstaanbaarheid bepaald, anderzijds werden fysische metingen verricht, waaruit de waarden van de STI voor de 50 condities bepaald konden worden in afhankelijkheid van de verschillende parameters. Nagegaan werd, bij welke set parameters de correlatie tussen de 50 waarden van de logatoomverstaanbaarheid en de 50 STI-waarden optimaal was. Deze optimale correlatie werd verkregen voor:

$\Delta L = 20$ dB

$F_r = 3$ Hz

$p = 0{,}4$

$\alpha_n = 0{,}4$ voor 1000 Hz

$\alpha_n = 1{,}0$ voor de andere middenfrequenties

We zullen niet ingaan op de overigens interessante vragen waarom juist voor deze waarden van de verschillende parameters de STI optimaal correleert met de spraakverstaanbaarheid en in hoeverre deze waarden kritisch zijn, d.w.z. hoe groot voor elk der parameters de toelaatbare variatie is, waarbij de correlatiecoëfficiënt niet significant afwijkt van de optimale correlatiecoëfficiënt.

De waarden van de STI voor de 'optimale' set parameters en de bijbehorende waarden van de logatoomverstaanbaarheid zijn weergegeven in fig. 3.

De praktische bruikbaarheid van de STI wordt geïllustreerd door de betrouwbaarheid, waarmee uit de waarde van de STI voor een spraaktransmissiekanaal de logatoomverstaanbaarheid 'voorspeld' kan worden, ongeacht het type van de eventuele storingen. Uit fig. 3 kan, aan de hand van de spreiding van de meetpunten om de diagonaal, worden afgeleid dat voor de 50 onderzochte condities de afwijkingen tussen de op grond van de STI voorspelde waarden en de gemeten waarden een standaarddeviatie vertonen van ongeveer 6 % logatoomverstaanbaarheid. In het algemeen kan dus gesteld worden dat voor spraaktransmissiekanalen, waarin storingen optreden overeenkomstig de bij onze experimenten betrokken typen, het bepalen van de STI een voorspelling van de logatoomverstaanbaarheid toelaat met een betrouwbaarheidsmarge van ± 6%.

5. Conclusie

Als conclusie kan worden vermeld dat voor een transmissiekanaal waar storingen en vervormingen optreden van het type ruis, peak-clipping, bandbreedtebeperking en (tot op zekere hoogte) nagalm, de kwaliteit van de spraakoverdracht kan worden bepaald door het meten van de spraaktransmissie-index, zoals gedefinieerd door (4). Het testsignaal dat daartoe aan de spreekzijde van het kanaal wordt geïntroduceerd is gespecificeerd in tabel 1 en de wijze waarop het aan de luisterzijde ontvangen signaal dient te worden geanalyseerd is aangegeven in fig. 2, waarbij de waarden voor de verschillende parameters bij fig. 3 zijn aangegeven. Met behulp van fig. 3 kan de gemeten STI geïnterpreteerd worden als een percentage logatoomverstaanbaarheid, waarbij de betrouwbaarheidsmarge ongeveer ± 6% bedraagt.

Het toepassen van de STI-methode in praktijksituaties, in het bijzonder voor het onderzoeken van de kwaliteit van radioverbindingen, heeft aangetoond dat de methode zeer waardevol is, vooral vanwege de korte meettijd en de goede reproduceerbaarheid der uitkomsten. Voor de verdere ontwikkeling van deze methode wordt in eerste instantie gedacht aan mogelijkheden om de invloed van nagalm op spraakverstaanbaarheid te quantificeren. Een wat uitgebreider onderzoek is daartoe noodzakelijk. De resultaten van de beschreven experimenten, waarbij vier condities met nagalm in ogenschouw waren genomen, geven in dit verband slechts een eerste indicatie.

Literatuur

[1] L. C. W. Pols, L. J. Th. v. d. Kamp and R. Plomp: Perceptual and Physical Spaces of Vowel Sounds, J. Acoust. Soc. Amer. **46**, (1969), pp. 458 ... 467.

[2] R. Plomp: Timbre as a Multidimensional Attribute of Complex Tones, in 'Frequency Analysis and Periodicity Detection in Hearing' by R. Plomp and G. F. Smoorenburg, Sijthoff, Leiden, 1970.

Talk, given during the Presentation of the M. J. Kelly Award to dr. H. C. A. van Duuren

by Dr. K. H. Powers, Radio Corporation of America

I have been asked to say a few words on the significance of dr. Van Duuren's work. It gives me great pleasure to be able to do this, for I can speak not only as a member of the information theory community but also as a representative of a company that has been using commercially several of the ideas of dr. Van Duuren for over 35 years. In doing a little research on his early work, I find that many of the concepts to be discussed at this symposium had a part of their origin with dr. Van Duuren. Although he is best known for the development of automatic RQ or ARQ, I find also that he probably first conceived the binary symmetric channel, the binary erasure channel, the decision feedback channel, redundancy for error detection, probabilistic error correction, and automatic error correction.

And now for a little of the history. In the early 30's, Radio Corporation of America instituted a program to develop a time division multiplex system which would permit the transmission of not only Morse code signals, but also the equal-length printer codes for the new automatic printing equipments just beginning to be used on telegraph circuits. The paths of RCA and dr. Van Duuren first crossed, I believe, in 1934 with the application for a U.S. patent later to be issued under the number 2,119,196. I read from that patent: 'U.S. Patent Office 2,119,196 Type Printing Telegraph System With Means for Eliminating Interference'. One of the inventors is 'Hendrik Cornelis Antonie Van Duuren of Noordwijkerhout, Netherlands', and the patent was assigned to Radio Corporation of America, a corporation of Delaware. The patent describes a system which keys binary signals by switching between two frequency waves at the transmitter. Two filters at the receiver separate the two frequencies and each filter is followed by a detector. Now here is where the redundancy comes in: dr. Van Duuren argued that when one frequency is clearly present the other should be absent. Thus the presence of signal from both filters indicates a noise disturbance, or possible error. Conversely, the clear absence of one frequency implies the presence of the other and the absence of both implies a signal fade, or possible error. By a simple cross-connection of a pair of relays, an alarm can be sounded for either of these possibilities.

The patent further describes how repetition of each character at the transmitter permits error correction on a probabilistic basis at the receiver. These ideas of Van Duuren's were embellished by a young RCA-engineer, named John B. Moore, who reasoned that if a little redundancy is good, more must be better – so he conceived the so-called constant ratio codes, the 7- and 8-unit codes described in another U.S. patent applied for by John Moore in 1936. The 7-unit code consists of all the possible combinations of binary digits that contain precisely 3 ones and 4 zeros (or vice versa).

A little combinatorial arithmetic will show that there are precisely 35 such codes possible; this permits 32 to be assigned to the standard teletype alphabet with 3 extra codes available for special instruction characters. In 1937, the 7-unit code was placed in operation by RCA on the New York to San Francisco circuit in a synchronous teletype system. At the receiver, after achieving character synchronization, each received character was checked by relay logic to determine if the 4 to 3 ratio condition was met. The failure of this condition indicated the presence of an error and an asterisk was printed in lieu of the character. Request for repeat was handled manually by the operator who used the teletypewriter bell to alert the transmitting operator.

Now in the meantime, dr. Van Duuren had independently conceived of the constant ratio codes and also conceived of how they could be used for automatic error correction. Another U.S. patent application filed in April 1940 described the automatic RQ system for which dr. Van Duuren is best known. I read from this patent: 'Any deviation from the constant relationship in the signals received . . . is an indication that the signal has been mutilated in transit . . . upon the reception of such a mutilated signal in the normal course of transmission from Station A to Station B, receiving Station B emits a warning signal which is transmitted to transmitting Station A for indicating that such mutilation of a signal has occurred. The warning is effected by the transmission of a number of warning signals not belonging to the group of normal communication signals'.

Here is where the 3 extra instruction characters were useful. 'The reception of these warning signals . . . sets into operation certain corrective apparatus at that transmitting station which performs certain corrective functions such as stopping the keyer then stepping back the perforated strip in the keyer and finally restarting the transmitter after a predetermined time'.

At this point, World War II interrupted progress and delayed the use of automatic RQ, but details of an operating system were worked out by dr. Van Duuren during this time. My sources tell me that this work was carried out underneath a house in the Netherlands, where dr. Van Duuren was hiding out from the Nazis.

After the war, RCA was interested in this technique of dr. Van Duuren's and entered into discussions with the Netherlands Post to acquire rights to use dr. Van Duuren's patent. Dr. Van Duuren had built an electromechanical system, one end of which was brought to the U.S. for tests between RCA and the Netherlands Post on a New York-to-Amsterdam circuit. The tests were so very successful that license negotations were started immediately. Because of some conflict in some of the claims between Van Duuren's patent and the one issued to John B. Moore, cross-licensing agreements were reached which gave RCA the right to use Van Duuren's patent internationally and gave the Netherlands Post the rights to use the John B. Moore patent and certain others outside of the U.S. Equipments were then developed in which the electromechanical logic was replaced by electron-tube logic. In 1952, these equipments were again replaced by the all solid-state equipments that are still in use today on a regular basis on the high-frequency circuits.

In more recent years, as the need has developed for land line

Rede, uitgesproken aan het begin van het Internationale I.E.E.E. Symposium over Informatietheorie, 15 ... 19 juni 1970 te Noordwijk; zie ook 'De Ingenieur' 1970, nr. 38, blz. ET 146.

communication between computers, automatic RQ has again been implemented for high-speed data communication. In this case, the 7-bit constant-ratio code has been replaced by a 32 000 bit cyclic code which has very powerful random error and burst error detection capabilities. Although one-way error correction codes have received far more attention in the information theory literature, my experience has shown that whenever a duplex communication channel is available, error detection and automatic RQ generally wins the contest hands down because of the much simpler logic required in implementation.

Today dr. Van Duuren's ideas and patents are long since in the public domain, but all of us in communications owe a great debt to the man who first conceived automatic error correction – dr. Hendrik C. A. Van Duuren.

Over het Technisch Wetenschappelijk Onderwijs

Technische structuren en biologische systemen

Inaugurele rede prof. ir. D. H. Bekkering

In zijn – op vrijdag 18 september 1970 aan de T.H. Eindhoven uitgesproken – inaugurele rede wees prof. Bekkering op het belang van de systeemtheorie, waarmede men het gedrag van gecompliceerde systemen tracht te beschrijven. De inzichten, bij elektrische systemen verkregen, maken het mogelijk ook fysiologische processen nader te analyseren. Prof. Bekkering besprak wat er vanuit de gezichtshoek van de ingenieur valt waar te nemen, wanneer een patiënt een medisch onderzoek ondergaat. De rol van de elektrotechniek in de instrumentatie en de patroonherkenning, evenals het gebruik van de computer bij een medisch onderzoek, werden onder de aandacht gebracht. Hij gaf het perspectief aan, dat boeiende mogelijkheden voor de computer bij het opstellen van prognoses kunnen zijn weggelegd.

Een onderzoek naar de structuur en de elektrische eigenschappen van oxydische mangaanijzerspinellen

Proefschrift dr. ir. V. A. M. Brabers

In zijn – op 26 mei jl. aan de T.H. Eindhoven verdedigd – proefschrift beschrijft dr. ir. Brabers een onderzoek naar de structuur en de elektrische eigenschappen van oxydische mangaanijzerspinellen; de ijzerrijke stoffen van dit systeem zijn beter bekend als mangaanferrieten. De experimenten, die in deze dissertatie werden behandeld, werden uitgevoerd in het laboratorium voor materiaalkunde van de afdeling der Technische Natuurkunde van genoemde T.H. Een gedeelte van het onderzoek werd reeds in een aantal artikelen in binnen- en buitenlandse tijdschriften gepubliceerd.

Frequency-independence and symmetry properties of corrugated conical horn antennas with small flare angle

Proefschrift dr. M. E. J. Jeuken

In zijn op 8 september 1970 aan de T.H. Eindhoven ter verkrijging van de graad van doctor in de technische wetenschappen verdedigd proefschrift behandelt de gepromoveerde een nieuw type belichter voor reflector-antennes (belichters zijn opneemelementen, die in het brandpunt van een parabolische reflector geplaatst worden).

In het eerste deel van het proefschrift worden belichters besproken die toegepast kunnen worden in antennes van grondstations voor telecommunicatie via satellieten. Deze belichters dienen zodanig geconstrueerd te worden, dat een groot aantal (enige duizenden) telefoongesprekken tegelijkertijd door deze belichters verwerkt kunnen worden. In het onderhavige proefschrift wordt aangetoond, dat conische hoornantennes de gevraagde grote capaciteit bezitten, indien de afmetingen van de belichter op de juiste wijze worden gekozen. De bovenbedoelde belichters hebben een stralingsdiagram dat niet symmetrisch is met betrekking tot hun as; dit is echter een eis die aan deze belichters gesteld moet worden in verband met de toepassing van het zgn. 'dual shaping'-principe.

In het tweede deel van het proefschrift wordt een theorie ontwikkeld betreffende de symmetrie-eigenschappen van apertuur-antennes. Er is theoretisch en experimenteel aangetoond, dat de bovengenoemde conische hoornantennes een symmetrisch stralingsdiagram bezitten, indien in de binnenwand van de antennes groeven worden aangebracht. Experimenteel bleek dat het aanbrengen van deze groeven de capaciteit van deze antennes niet vermindert. Tenslotte bleek de theorie ook te kunnen worden toegepast op belichters voor radioastronomische antennes.

Het onderzoek werd uitgevoerd als een onderdeel van het researchprogramma van de groep Theoretische Elektrotechniek.

Korte technische berichten

IBM computerserie Systeem/370

Op 30 juni 1970 heeft IBM een nieuwe computerserie aangekondigd, het Systeem/370, dat is afgeleid uit het bestaande Systeem/360; tegelijkertijd kondigde IBM een nieuw schijvengeheugen (IBM 3330) aan, dat groter en sneller is dan de reeds in gebruik zijnde geheugens van IBM. Ook wordt een supersnelle regeldrukker, de IBM 3211, leverbaar, die 2000 regels/min produceert.

De produktie in Europa van Model 165 zal dit jaar beginnen in Havant (Engeland); Model 155 wordt – behalve in Poughkeepsie (Verenigde Staten) – ook geproduceerd in Montpellier (Fankrijk).

De eerste installeringen van de computermodellen in het Systeem/370 kunnen medio 1971 worden verwacht.

Circuit technologie. Monolitische componenten zijn toegepast als geheugenelementen in het snelle buffergeheugen en in de reken- en beslissingsschakelingen. De chips in Model 155 hebben een oppervlakte van $8 \cdot 10^{-6}$ cm², bevatten twee tot acht complete schakelingen en bezitten een verwerkingssnelheid van 6 tot 8 ns. Model 165 is groter dan Model 155 en sommige circuits werken wat sneller dan die van Model 155.

Geheugenhiërarchie. Beide modellen bezitten een bijzonder snel buffergeheugen en een groot hoofdgeheugen, dat langzamer



Fig. 1. Het bedieningspaneel van Systeem/370 model 165 met o.a. een beeldstation, dat informatie voor de operateur zichtbaar maakt. Links op de voorgrond twee viewers voor microfilms. Het nieuwe IBM 3330 schijfgeheugen, dat grote hoeveelheden snel toegankelijke gegevens beschikbaar houdt, is op de achtergrond zichtbaar.

werkt. Bij Model 165 heeft het hoofdgeheugen een cyclus van 2 μs; het buffergeheugen heeft een cyclus van 80 ns. Voor Model 155 gelden een cyclustijd van 2,1 μs voor het hoofdgeheugen en een cyclustijd van 115 ns voor het buffergeheugen.

Het buffergeheugen heeft voor Model 165 een capaciteit van 8000 bytes of 16000 bytes; elke byte omvat 8 bits (Model 155 is uitgerust met een standaardbuffer van 8000 bytes); het buffergeheugen verzekert de snelle samenwerking met de centrale verwerkingseenheid.

Bij Model 165 kunnen gebruikers kiezen uit verschillende capaciteiten voor het hoofdgeheugen, variërend van 512 000 tot meer dan $3 \cdot 10^6$ bytes; voor Model 155 is een aantal hoofdgeheugens beschikbaar met een omvang van 256 000 tot meer dan $2 \cdot 10^6$ bytes.

IBM 3330 schijfgeheugen. Het nieuwe IBM 3330 schijfgeheugen heeft meer dan driemaal de capaciteit en tweemaal de toegangssnelheid van de andere verwisselbare IBM schijfgeheugens. Enkele gegevens:

capaciteit	200 tot $800 \cdot 10^6$ bytes;
gemiddelde toegangstijd	30 ms;
maximum lees- en schrijfsnelheid	806 000 bytes/s.

Het nieuwe geheugen bestaat uit een geheugenbesturingseenheid van een aantal (een tot vier) tweevoudige schijvenmoduli; elk modul heeft een capaciteit van $200 \cdot 10^6$ bytes.

Kanalen. Voor het gegevenstransport tussen geheugen en randapparatuur zijn bij Model 165 12 kanalen beschikbaar, die een totale gegevensstroom van meer dan $8 \cdot 10^6$ bytes/s kunnen verwerken; Model 155 kan worden uitgerust met 6 kanalen, die een gezamenlijke doorvoersnelheid van $5{,}8 \cdot 10^6$ bytes/s bezitten. Daardoor zullen deze computers geschikt zijn voor een groot aantal multiprogrammeringsactiviteiten.

Ook intern kunnen veelvoudige snelle kanaalprogramma's simultaan ten uitvoer worden gebracht, door de computers met blok-multiplex kanalen uit te rusten.

Bediening en besturing. Bij Model 155 kunnen afdrukmachines met toetsenbord worden aangesloten, die 15 of 85 tekens/s kunnen verwerken. In standaarduitvoering bezit Model 165, naast de afdrukmachine met toetsenbord, een beeldstation waarop boodschappen voor de operateur worden geprojecteerd.

Systeem/370 Model 165 werkt onder besturing van het IBM Operating system met multiprogrammering met een vast of variabel aantal taken (OS MVT en MFT); Model 155 werkt zowel met OS als met DOS.

De precisie voor drijvende komma berekeningen is zover opgevoerd, dat bij technisch wetenschappelijke berekeningen een nauwkeurigheid van 34 decimalen bereikt kan worden. In Model 165 kan een dubbele precisie drijvende komma vermenigvuldiging geschieden in 610 ns, en een vaste komma vermenigvuldiging vraagt 420 ns.

IBM 3211 snelle regeldrukker. De IBM 3211 snelle regeldrukker produceert 2000 regels/min. De machine gebruikt een ketting, waarin negen keer dezelfde 48 tekens zijn verwerkt; een produktieverhoging tot 2500 regels/min is mogelijk, als men het aantal tekens beperkt.

De standaard regelbreedte van 132 tekens kan worden uitgebreid tot 150.

Nieuwe programma's en uitbreiding van bestaande programma's. Het volgende overzicht geeft een indruk van de activiteiten op dit gebied:

- Een PL/1 optimaliseringscompiler, waardoor aan DOS- en OS-gebruikers een belangrijke versnelling wordt geboden bij vertaal- en programmaverwerkingen.
- Extra taalvoorzieningen voor ANS Cobol, versie III, dat werkt onder DOS en OS.
- Uitbreidingen van Fortran H en van de Fortran bibliotheek, waardoor gebruikers een grotere nauwkeurigheid bereiken bij het oplossen van ingewikkelde wiskundige problemen.
- Belangrijke verbeteringen van Assembler H, ten einde de nieuwe instructies te kunnen gebruiken, welke bij Systeem/370 beschikbaar zijn.
- Een snel sorteer- en samenvoegprogramma voor OS, dat gebruik van het nieuwe IBM 3330 schijfgeheugen en de ASC II bestanden mogelijk maakt.
- IMS II, een nieuwe versie van het beleidsinformatiesysteem, dat een uitgebreide steun geeft bij informatiebank- en communicatietoepassingen.
- Uitbreiding van GPSS, dat OS- en DOS-gebruikers in staat stelt, grotere wiskundige simulatiemodellen te maken.

Pers Nieuws IBM.

Automatisering van de Inlichtingendienst van PTT

Binnenkort hoopt de PTT een eerste stap te zetten om te komen tot het verwerkelijken van een landelijk systeem van automatisering van de inlichtingendienst (008). In een van de districten zal met een proef worden begonnen, waarbij de telefo-

niste de mogelijkheid krijgt om rechtstreeks uit een computer de informatie van enige duizenden telefoonabonnees te putten. De computer maakt dan de gevraagde gegevens zichtbaar op een beeldbuis.

Twee doelen worden hiermee nagestreefd: de gevraagde gegevens komen sneller beschikbaar voor de telefoniste, die zich daardoor sneller van haar taak kan kwijten; doch ook het landelijk bijhouden van mutaties in het bestand en het opvangen van de aanwas van nieuwe adressen wordt dan eenvoudiger.

Uit een onderzoek naar het drukste kwartier per dag voor de inlichtingendienst van de afzonderlijke telefoonzalen is gebleken, dat in het drukste kwartier vrijwel overal circa $3\frac{1}{2}\%$ van het dagtotaal aan inlichtingen wordt verstrekt. De ligging van het drukste kwartier vertoont voor geheel Nederland echter een zekere spreiding over de gehele dag. Een dieptepunt voor het vragen van inlichtingen bleek 's avonds tussen kwart over zes en half zeven te bestaan.

Persbericht PTT.

Meting van geluidshinder bij het vliegveld Düsseldorf

Kort geleden werd op het vliegveld van Düsseldorf door de firma Rohde & Schwarz gebouwde apparatuur geïnstalleerd voor het meten van de sterkte van het geluid van startende en landende vliegtuigen. Identieke installaties werden reeds aangebracht in de nabijheid van de vliegvelden van Frankfurt, Toulouse, Nice en Amsterdam.

De waarde van de door op zes plaatsen vast opgestelde detectoren gemeten geluidssterkte wordt via telefoonkabels naar een computer overgebracht; zodra de gemeten waarden de gestelde grenzen overschrijden worden zij op een schrijfmachine automatisch afgedrukt. Tevens wordt op de schrijfmachine eenmaal per uur de gemiddelde waarde over dat uur afgedrukt, waarmee een objectieve maatstaaf voor de 'geluidsbelasting' wordt verkregen. Naast de zes vast opgestelde detectoren beschikt het vliegveld van Düsseldorf tevens over in een auto opgestelde meetapparatuur.

Met behulp van de hier beschreven apparatuur is het op eenvoudige wijze mogelijk om aan te tonen, welke vliegtuigen zich bij start of landing niet aan de voorgeschreven procedures hebben gehouden (bijv. te laag of buiten de start- of landingscorridor vliegend).

Presse-Information Rohde & Schwarz.

Microfilms voor het uitlezen van supersnelle computeruitgangen

Stromberg DatafiX, San Diego, vervaardigt micromation recorders voor het uitlezen van supersnelle computeruitgangen. Het DatafiX systeem vertaalt computercodes in leesbare tekst, door deze op microfilm vast te leggen. Afdruksnelheden van 120 000 tekens/s kunnen met dit systeem worden bereikt; in een achturige werkperiode kunnen door één afdrukmechanisme 100 000 pagina's aan computerinformatie worden afgedrukt.

De data worden door een camera op *microfiches* afgedrukt, die elk tot 224 micropagina's aan informatie kunnen herbergen. Een microfiche is een strip microfilm ter breedte van 10,5 cm bij een lengte van 15 cm. Men kan ook voor het vastleggen 16-mm smalfilm gebruiken.

Persbericht, General Dynamics.

Nieuw Cardiovisie-systeem

Voor het verplegen van hartpatiënten is thans een cardiovisiesysteem leverbaar, bestaande uit een bed met een televisiefluoroscopie-eenheid en meetsystemen voor het bewaken van de lichamelijke conditie van de patiënt. Terwijl de patiënt in de verpleegeenheid in bed blijft, kan een volledige televisiefluoroscopie van het gebied van de borstholte worden verricht.

De MO-400-cardiovisie-eenheid is mobiel en omvat een röntgenbuis met generator, collimator, I.A.-systeem en televisieketen. Patiënten kunnen continu fluoroscopisch worden bewaakt. Indien hartcatheterisatie nodig is, kan de catheter van de hartstimulator bij daglicht worden ingebracht terwijl de patiënt op bed ligt. De eenheid is 1,90 m hoog en weegt 130 kg. Tussen bed en vloer moet een ruimte van 40 cm vrij blijven.

Het Cardioflex-780-bed wordt volledig automatisch door een motor voortbewogen; het bevat o.a. een stralingdoorlatend paneel, dat het gebied van de borstholte bestrijkt.

Met behulp van solid-state-modules worden een aantal fysiologische parameters van de patiënt continu gemeten, o.m. ECG hartslag, EEG, perifere polsslag, bloeddruk, temperatuur en ademhaling.

Verdere inlichtingen worden verstrekt door Westinghouse Electric International Company, P.O. Box 1133, Grand Central Station, New York, N.Y. 10017.

News Release 192/70, Westinghouse.

Onderzee-telefoonkabel tussen Italië en Egypte

Standard Telephones and Cables Ltd. ontving van het Italiaanse Staatstelefoonbedrijf de opdracht tot het leggen van een ongeveer 1600 km lange onderzee-telefoonkabel tussen Catanzaro in Zuid-Italië en Alexandrië in Egypte. Met de realisering van dit project is een bedrag van circa *f* 40 miljoen gemoeid.

Men verwacht de nieuwe telefoonkabel eind 1971 in gebruik te kunnen nemen; alsdan zal Egypte via het Italiaanse telefoonnet in directe verbinding komen met de meeste Europese landen. De nieuwe verbinding zal gezamenlijk door het Italiaanse Staatsbedrijf (ASST) en de United Arab Republic Telecommunication Organisation (UARTO) worden geëxploiteerd.

De te gebruiken kabel wordt aangemaakt door S.T. and C. naar een ontwerp van het British Post Office. De kabel, die van een lichtgewicht type is, heeft een doorsnede van 3,7 cm; hij zal van breedband-5-MHz versterkers worden voorzien.

Momenteel beschikt Egypte voor zijn lange-afstand-communicatie uitsluitend over radioverbindingen.

ITT-persbericht.

Varia

International Symposium on Electriomagnetic Wave Theory, Tbilisi, USSR, September 9 ... 15, 1971

Sponsored by:

- *The International Union of Radio Science (URSI);*
- *The Soviet National Committee of URSI;*
- *The Academy of Sciences of the Georgian SSR;*
- *The Institute of Radio Engineering and Electronics of the USSR Academy of Sciences.*

First Announcement

The symposium on Electromagnetic Wave Theory will be held in Tbilisi (USSR) from Thursday, September 9th to Wednesday, September 15th, 1971.

This Symposium will be the next one in the series of symposia which includes: Montreal, Canada, 1953; Ann Arbor, Michigan, USA, 1955; Copenhagen, Denmark, 1962; Delft, Netherlands, 1965; Stresa, Italy, 1968; carried out according to the programme of URSI Commission VI.

The aim of the Symposium is to discuss progress in the field of electromagnetic wave theory.

Papers will be welcomed on the following topics:

1. Radiation, propagation, diffraction and wave scattering in different media: inhomogenous, anisotropic (including plasma) and fluctuating.
2. Asymptotic methods of diffraction theory
3. Open lines. Open resonators. Quasi-optics.
4. Numerical methods and application of computers in diffraction theory and wave propagation.
5. Antenna theory and feeders.
6. Nonlinear and Parametric Phenomena in Wave Propagation.

Papers can be both original and reviews.

The official languages at the Symposium are English and French.

The papers must be presented at the Symposium by the author (or by one of the authors). Authors are requested to submit a summary, containing not less than 800 words and not more than 1200 words. The summaries should be sent to the Symposium Secretariat.

The deadline for papers submitted by Soviet authors is *January 1st, 1971, by foreign authors – March 1st, 1971.*

The Soviet authors should submit the summary of papers in Russian and English. The foreign authors may send the summary of papers in one of the official languages to their URSI National Committee or directly to the address given below.

The texts of papers *submitted before the 1st of May, 1971*, will be printed and distributed among the participants of the Symposium.

For a trip to the USSR the foreign participants are free to make their own arrangements with any tourist company of their country which is a contractor of 'Intourist USSR'.

The registration fee is US $ 25.—.

All correspondence should be sent to the Scientific secretary of the Symposium Organizing Committee Dr. V. V. Shevchenko: USSR, Moscow, Center, GSP-3, Marx Avenue 18, Soviet National Committee of URSI, Secretariat of the Symposium on Electromagnetic Wave Theory.

The Organizing Committee.

1971 Symposium on Applications of Walsh Functions

Date: 13, 14 and 15 April 1971.
Place: Departmental Auditorium, Constitution Avenue between 12th and 14th Streets, N.W., Washington, D.C.
Supporting Organizations: Naval Research Laboratory, IEEE Electromagnetic Compatibility Group, University of Maryland (Departments of Mathematics and Electrical Engineering).
Steering Committee: H. Garlan, Federal Communications Commission; Dr. H. F. Harmuth, University of Maryland; J. D. Lee, ITT Electro-Physics Laboratories, Inc.; L. W. Thomas, Thomas Engineering Company; Dr. J. L. Walsh, University of Maryland; Dr. L. B. Wetzel, Naval Research Laboratory; R. W. Zeek, Naval Research Laboratory.

Nadere gegevens over het inzenden van bijdragen zijn te verkrijgen bij mej. *F. E. Bezemer*, T.H. Delft, Mekelweg 4. Afdeling der Elektrotechniek, tel. (01730) 33222, toestel 6193; b.g.g. toestel 5393.

Prof. dr. ir. J. L. Bordewijk, Member Publicity Committee.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam.
Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

Examencommissie NERG

Tot vice-voorzitter werd *ir. F. F. Th. van Odenhoven* benoemd, als opvolger van ir. J. H. Geels.

De examencommissie is nu als volgt samengesteld:
ir. J. H. Geels, voorzitter;
ir. F. F. Th. van Odenhoven, vice-voorzitter;
ir. L. R. M. Vos de Wael, secretaris-penningmeester.

Ledenmutaties

Nieuwe leden
Ir. A. A. Dogterom, Nieuwlandseweg 8, Hilversum

Nieuwe adressen van leden
Ir. E. J. van Barneveld, Lankforst 24-13, Nijmegen
Ir. D. Beekman, Vlietstraat 37, Klaaswaal
Ir. C. J. van Elk, Zevenenderdrift 69, Laren
Ir. B. de Ferrante, Naarderweg 39, Blaricum
Ir. L. Krul, Havenkade 2a, Scheveningen
Ir. D. C. J. Poortvliet, Saturnusstraat 5, Alphen a/d Rijn
Ir. E. Roza, Jeneverbeslaan 71, Valkenswaard
Ir. M. Skaliks, Vanekerstraat 211, Enschede
H. J. A. Smit Ing., Valkenierstraat Oost 169, Valkenswaard
Ir. J. J. P. Valeton, Wintelresedijk 3, Oirschot
C. M. de Zeeuw, Surinamelaan 29, Hilversum

Overleden
Dr. A. Koerts, Van Nijenrodestraat 45, 's-Gravenhage.